ZESZYT 6 WARSZAWA, CZERWIEC, 1930. ROK XII

MECHANIK

MIESIĘCZNIK TECHNICZNY

WARSZAWA, UL. CZACKIEGO № 3

WYDAWANY PRZEZ SEKCJĘ WARSZTATOWĄ STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW MECHANIKÓW POLSKICH

Wpływ obróbki termicznej na własności tnące narzędzi.[1]

Napisał inż. E. Łączkowski.— Fabryka Karabinów w Warszawie.

Treść: Dążenie w kierunku udoskonalenia narzędzi. Zwykłe i wysokowartościowe stale szybkotnące, jako materjał na narzędzia. Hartowanie różnego rodzaju narzędzi. Odpuszczanie. Trudności przy hartowaniu stali szybkotnącej. Porównanie własności tnących narzędzi.

Przemysł samochodowy, lotniczy i wojenny, wprowadził do konstrukcji przedmiotów przezeń wytwarzanych cały szereg stali o wysokich własnościach fizycznych. Stale te przeciwstawiają się obróbce mechanicznej przez znaczne opory skrawania i szybkie stępienie narzędzi. Jeżeli dodamy do tego konieczność szybkiej obróbki, to zrozumiałem stanie się dążenie techniki warsztatowej do coraz to doskonalszych narzędzi. Osiągnąć to można przez odpowiednią konstrukcję narzędzia, dobór stali narzędziowej i umiejętność nadania tej ostatniej odpowiednich własności tnących.

O doborze stali mieliśmy już sposobność wspomnieć w Mechaniku № 2 z 1930 r., obecnie chcemy omówić wpływ obróbki termicznej na własności tnące narzędzi. Pominiemy tu odrazu stale węgliste i niskostopowe, a zatrzymamy się na stalach szybkotnących, które obecnie, w nowoczesnych warsztatach, znalazły tak szerokie zastosowanie. Tylko bowiem w niewielu wypadkach możemy stosować stale węgliste lub niskostopowe, wtedy mianowicie, gdy mamy bardzo łatwo obrabialne materjały, albo bardzo małe prędkości skrawania. Przy twardszych materjałach i normalnych prędkościach stale szybkotnące dają bezwzględnie lepsze rezultaty. Aczkolwiek stal szybkotnąca znana jest już od 30 lat, to jednak dopiero w ostatnich czasach zbadano ją naukowo i określono najbardziej odpowiednie sposoby jej obróbki termicznej. Możnaby zgruba podzielić stale szybkotnące na 3 grupy; przy przeciętnej zawartości $C = 0{,}7\%$, $Cr = 5\%$:

1) Stale oparte na wolframie, którego zawartość waha się w dość znacznych granicach $W = 15 - 18\%$. Temperatura hartowania zalecana przez huty $1150^0 - 1250^0$.

2) Stale oparte na wolframie i wanadzie; przyczem te dwa składniki nawzajem się uzupełniają np: $W = 20\%$; $Va = 1{,}5\%$ lub $W = 15\%$; $Va = 2{,}5\%$. Temperatura hartowania zalecana przez huty $1250^0 - 1325^0$.

3) Stale oparte na wolframie, wanadzie i kobalcie; przyczem przy $W = 18\%$; $Va = 1{,}5 - 2\%$ mamy różne ilości Co: 2 — 3%; 4 — 5%; 10%; 15 — 16%. Temperatura hartowania zalecana przez huty $1280^0 - 1340^0$.

[1] Referat wygłoszony na IV-tym Zjeździe Inż. Mech. w dn. 2 — 4 maja r. b.

Należy zaznaczyć, że dwie ostatnie grupy są pochodzenia stosunkowo niedawnego i że stal oparta na kobalcie jest najbardziej odporna na stępienie, przy dużych prędkościach skrawania.

Wszystkie prawie odmiany stali szybkotnącej są, już obecnie, wyrabiane przez huty krajowe, co jest ważnym krokiem naprzód, w produkcji polskich stali narzędziowych.

Przechodząc teraz do obróbki termicznej, można ogólnie powiedzieć, że własności tnące, dla każdego gatunku stali szybkotnącej, wzrastają z temperaturą hartowania. W przeciwieństwie do stali węglistych, tak czułych na przegrzanie, dla których podawane są temperatury hartowania z tolerancją tylko 20^0 przy stalach szybkotnących, huty podają temperatury hartowania w dość szerokich granicach. O ile dla stali węglistych, wskutek obawy przegrzania, stosujemy dolną granicę tych temperatur, o tyle dla stali szybkotnących, należy dążyć do górnej granicy temperatur hartowania. Ta zasada jest słuszna, jeżeli chodzi o własności tnące, dla wszystkich rodzajów narzędzi.

Jednak przy narzędziach, posiadających cienkie ostrza (np. wiertła, frezy, rozwiertaki), które nie mogą ulec stopieniu, sama konstrukcja narzędzia odgrywa rolę hamującą przed zbyt wysokim hartowaniem. Np. w wiertłach mamy, z jednej strony, dość cienkie krawędzie tnące i rdzeń; z drugiej strony, od wierteł, pracujących na skręcenie i wyboczenie, wymagamy dość silnej elastyczności. Nie tylko więc, nie możemy stosować zbyt wysokich temperatur hartowania, ze względu na możliwość stopienia ostrzy, ale i z obawy na kruchość narzędzia (gruboziarnista budowa). Musimy nawet przy umiarkowanych temperaturach hartowania $1150^0 - 1200^0$, odpuszczać jeszcze wiertła przy $\pm 250^0$ dla zwiększenia elastyczności. Należy dodać, że i naprężenia podczas hartowania i związane z tym odkształcenia (np. skrzywienie), wzrastają również z temperaturą hartowania.

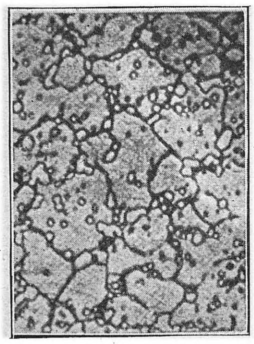
Znacznie korzystniejszą sytuację mamy w wypadku noży tokarskich, przy których ostrze stopione możemy, bez szkody dla narzędzia, usunąć szlifowaniem. Oprócz tego, możemy hartować tylko sam koniec noża, unikając w ten sposób niebezpieczeństwa ew. złamania się. Skrawanie na tokarce należy również zaliczyć do spokojnej pracy maszynowej.

Frezy i rozwiertaki zajmując miejsce bezpośrednie w tych przykładach i ze względu na dość spokojną pracę, dopuszczają ogólnie wyższe temperatury hartowania niż wiertła — ale, w wielu wypadkach (drobne narzędzia), też zmuszeni jesteśmy przez odpuszczanie nadawać narzędziom większą elastyczność, w celu uniknięcia ew. złamania się.

Jak widzimy z tych przykładów, ogólnych przepisów hartowania narzędzi stworzyć nie można — kierownik hartowni musi wziąć pod uwagę właściwości samego narzędzia i hartować je, w najwyższej dopuszczalnej, w danych warunkach, temperaturze. Trzeba tu nadmienić, że temperatury przekraczające $\pm$ 1250° nadają stali szybkotnącej budowę martenzytyczno-austenityczną (z pewną ilością wolnych karbidów). Takie narzędzia bez dalszej obróbki termicznej, po hartowaniu, nie dałyby zadawalniających własności tnących. Tłomaczy się to własnościami austenitu, a mianowicie jego małą twardością i odpornością na stępienie i ścieralność. Dla tego też, narzędzia wysoko hartowane musimy poddać dalszej obróbce termicznej i zamienić powstały częściowo austenit na martenzyt. Jest to możliwe przez ogrzanie ponowne narzędzia, w ciągu kilkunastu lub więcej minut (zależnie od wielkości) do temperatury 580 — 600°. Odpuszczanie to można uskutecznić w stopionym ołowiu lub kąpieli solnej (np. KNO_3). Jest to, jak widzimy, inna odmiana odpuszczania, niż poprzednio wymieniono, gdzie mieliśmy jedynie na celu nadanie narzędziu elastyczności i zmniejszenia naprężeń. Przy odpuszczeniu do 580 — 600° otrzymujemy narzędzie również elastyczniejsze, ale jednocześnie zamieniamy miękki austenit na twardy martenzyt. Jest to sposób odpuszczania, stosowany tylko dla stali szybkotnących wysoko hartowanych, stale hartowane w niższych temperaturach, wcale się nie odpuszcza, albo w sposób, wzmiankowany wyżej przy opisie hartowania wierteł lub frezów. Granicą, od jakiej wysokie odpuszczanie powinnoby mieć rację bytu — będzie, zdaje się, temperatura, nadająca stali budowę polyedryczną (częściowo austenityczną).

Na rys. 1, 2 i 3 przedstawiono budowę hartowanej stali szybkotnącej.

Często łączą odpuszczanie z hartowaniem t. j. bezpośrednio z temperatury hartowania zanurzają narzędzie do wanny 580—600°. Aczkolwiek sposób ten jest dość szeroko stosowany; to jednak lepiej jest odpuszczać narzędzie, po uprzedniem całkowitem ochłodzeniu go, w powietrzu, oleju lub nafcie. Przemiana austenitu bowiem na martenzyt, odbywa się i podczas procesu chłodzenia, i czym ten proces będzie kompletniejszy, tem mniej austenitu pozostanie, do zmiany przez odpuszczenie, które będzie wskutek tego, krócej trwało. Narzędzia więc hartowane bezpośrednio w wannie do odpuszczenia, wymagają dłuższego czasu, do przekształcenia swej budowy na całkowicie martenzytyczną. Ma ten sposób jednak tę zaletę, że ryzyko pęknięcia narzędzia, znacznie się zmniejsza; stosują również w tym celu — ochłodzenie narzędzia do $\pm$ 200° w oleju i natychmiastowe odpuszczenie w temperaturze 580—600°. Czas odpuszczania jest b. ważny, gdyż po pewnym czasie martenzyt ulega rozkładowi i może częściowo przejść w troostyt — czyli otrzymamy narzędzie za miękie.



Rys. 1. Stal hartowana w temp. 1300°.



Rys. 2. Ta sama stal, odpuszczona w temp. 580°.



Rys. 3. Stal za wysoko hartowana (1350°); uległa częściowemu stopieniu.

Dotychczas nie określono ile czasu na to potrzeba, gdyż zależy to od wielu czynników np. od składu stali, czasu trzymania w temperaurze hartowania i t. d. Praktycznie, najodpowiedniejszy czas odpuszczania, określony być może, przez badanie twardości narzędzi odpuszczanych. Najwyższa twardość Brinella zgadza się, w tym wypadku, z osiągnięciem najlepszych własności tnących. Należy tutaj jednak nadmienić, że możemy natrafić czasem na stale szybkotnące, które nam najwyższej twardości po odpuszczeniu do 580 — 600° nie dadzą. Tak np. zachowują się wszystkie stale posiadające zbyt mały procent węgla ($<$ 0,5% C). Mogą się również zdarzyć stale, przy których najwyższa twardość po odpuszczeniu, osiąga się przy niższej temperaturze, niż 580—600° i trzeba wtedy tę temperaturę znaleźć. Po odpuszczeniu zaleca się narzędzie, w celu ostatecznego ochłodzenia, pozostawić na wolnym powietrzu.

Obecnie, interesującą jest rzeczą, omówienie tych trudności, z jakiemi spotykamy się przy hartowaniu stali szybkotnącej. Możemy zgóry powiedzieć, że nawet dla temperatur 1200 — 1300° — dalecy jeszcze jesteśmy, od całkowitego opanowania tych trudności.

Jeżeli hartujemy stal szybkotnącą w zwykłym piecu płomiennym (np. ropowym lub gazowym) — to temperatura płomienia jest zawsze wyższa, niż przeciętna temperatura w piecu. Wobec tego, zachodzi niebezpieczeństwo, szczególnie przy narzędziach o delikatnych ostrzach, przegrzania ew. odwęglenia tych ostatnich. Oprócz tego, na narzę-

dziach, w ten sposób hartowanych, powstaje zawsze zendra. Wskutek tego, stosuje się często ogrzewanie narzędzi w skrzynkach żelaznych, wypełnionych sproszkowanym węglem drzewnym. W ten sposób unikamy odwęglenia, ale zachodzi zjawisko odwrotne — nawęglenie narzędzia. Powstaje warstwa zewnętrzna, posiadająca powyżej 1% C i wskutek tego, topiąca się już przy 1300°. Tak więc, nie możemy stosować właściwych temperatur hartowania; do czego dodać również należy, niemożność dokładnej kontroli temperatury wewnątrz skrzynki.

Najbardziej jednostajnie ogrzewa się stal w stopionej soli np. chlorku baru (topiącym się przy 960°); niema tu obawy przegrzania i zdawałoby się, że posiadamy idealny środek do hartowania frezów, rozwiertaków, wierteł i t. d. Dodać również należy, że elektryczne piece solne, pod względem łatwości regulacji temperatury i hygieny, nie mają sobie równych. Niestety, zauważono, że chlorek baru, w wysokich temperaturach, atakuje stal szybkotnącą i częściowo ją odwęgla. Zjawisko to potęguje się przy b. wysokich temperaturach, dłuższym czasie trzymania narzędzia w soli i w miarę im dłużej chlorek baru jest używany.

Jako przyczynę odwęglania podają, rozpuszczanie się powietrza w stopionym chlorku baru, rozkład tegoż i wytwarzanie się tlenków baru — odwęglających stal. Aczkolwiek niektóre firmy, z obawy odwęglenia, przestały nawet hartować narzędzia w chlorku baru — to jednak, z dotychczasowej praktyki nie sądzilibyśmy, aby istotnie niebezpieczeństwo było tak wielkie. Należy bowiem wziąć pod uwagę, że chlorek baru tak szybko ogrzewa narzędzie, że czas trzymania w soli, jest 2 — 3 razy krótszy, niż przy innych sposobach hartowania — niema więc czasu na zbyt silne odwęglenie. Pozatem, zależy i tutaj, jak przy innych sposobach hartowania, dogrzewać tylko narzędzie w chlorku baru do temperatury 1200 — 1300°; przed włożeniem do chlorku baru — narzędzie powinno być podgrzane, w innym piecu, do temperatury 850°. Mniej odwęgla stal, od chlorku baru, ogrzewanego zapomocą prądu elektrycznego — ta sama sól, roztopiona w tyglu grafitowym, w piecu płomiennym. Jednak tygle grafitowe nie są też bez zarzutu; cząsteczki grafitu rozpuszczają się w soli i osiadają na ostrzach narzędzia, powodując lokalne nawęglenia i łatwe topienie się ostrzy. Chlorek baru, ogrzewany zapomocą prądu elektrycznego, ma wielkie zalety, jako najprędzej ogrzewający ośrodek, a więc idealny do masowego hartowania.

Ażeby zneutralizować odwęglające działanie chlorku baru, stosowano na próbę, dodawanie do niego boraksu, ale bez dodatnich rezultatów. W Szwecji, czynione są obecnie próby, z dodawaniem do roztopionego chlorku baru żelazo-krzemu (ferrosilicium) — podobno z dodatniemi rezultatami. Ilość 200 gr. na godzinę, ma w zupełności neutralizować odwęglenie; powstająca szlaka łatwa jest do usunięcia. W Niemczech, robione są również próby z roztopionym boraksem, które dały dodatnie wyniki. Boraks można stosować do temperatury 1350°, gdy chlorek baru w tej temperaturze b. silnie się ulatnia. Roztopiony jednak boraks, jest złym przewodnikiem elektryczności i trzebaby zastosować daleko silniejsze transformatory przy elektrycznych piecach solnych. Boraks również silnie przylega do narzędzia — można go jednak usunąć przez piaskowanie; oprócz tego sól ta działa bardziej niszcząco od chlorku baru na ściany szamotowe pieca i na elektrody.

Do tych wszystkich trudności przy hartowaniu stali szybkotnących, należy jeszcze dodać kwestję kontroli temperatur hartowania. O ile przy temperaturze do 1000° można posiłkować się stosunkowo taniemi pyrometrami (np. żelazo — konstantan; nikiel — nikielchrom) — o tyle w temperaturach wyższych, należy stosować już drogie pyrometry platynorodowe. Przytem i te ostatnie, o ile są stale wystawione na działanie wysokiej temperatury, ulegają dość szybko zniszczeniu. Do tych uwag, należy jeszcze dodać, sprawę skalowania pyrometrów, co już wymaga pomocy laboratorjum.

Wobec tych trudności, rozwinęło się dość znacznie, używanie pyrometrów optycznych; jednak i one nie rozwiązują sprawy odczytywania temperatury w sposób zupełnie zadawalniający. Przedewszystkiem, nie są tak dokładne, szczególnie jeżeli chodzi o obserwację temperatury roztopionej soli. W wysokich temperaturach np. 1200 — 1300° chlorek baru silnie paruje i pary zasłaniają pole widzenia pyrometru — powodując różnicę we wskazaniach temperatury. Można w tym wypadku zastosować sposób kombinowany t. j. co pewien czas sprawdzać pyrometr optyczny, zapomocą pyrometru platynowego, zanurzonego w soli.

Jeżeli sobie uprzytomnimy, że różnice temperatur ± 50°, mogą już wpłynąć na sam sposób hartowania (np. wysokie odpuszczanie) i że przy tych różnicach temperatur, możemy otrzymać narzędzia, o innych własnościach tnących, niż przewidywaliśmy — to jasnym stanie się, jak sprawa pewnego odczytywania temperatur, jest ważna dla hartowni narzędzi.

Ponieważ celem obróbki termicznej jest nadanie narzędziom jaknajlepszych własności tnących — więc jako kryterjum, służyć będzie badanie tych własności. Badania te nie należą do łatwych, gdyż opierają się na próbnym skrawaniu, na które może wpływać wiele czynników ubocznych np.:

1) niejednolitość materjału obrabianego,
2) niejednolitość stali narzędziowej,
3) różnice w wykonaniu próbnych narzędzi,
4) trudność ustalenia jednakowego stopnia stępienia się próbnych narzędzi.

Co do pierwszych trzech punktów, to szczegółowe badania materjałów i samego narzędzia — mogą wpływ ich na rezultaty badań uczynić nieznacznym.

Co do badań stępienia, to posługujemy się najczęściej na obrabiarce aparatem, rejestrującym wzrastanie oporów skrawania, wraz ze stępieniem się narzędzia. W braku odnośnych aparatów, można się posiłkować notowaniem wzrostu energji, pochłanianej przez obrabiarkę o napędzie elektrycznym. Rezultaty badań opublikowane — są stosunkowo szczupłe. Były one prowadzone w kierunku osiągnięcia dla rozmaicie hartowanych narzędzi:

a) maksymalnych prędkości skrawania, przy jednakowym czasie trwania narzędzia lub b) maksymalnego czasu trwania narzędzia, przy jednakowej prędkości skrawania.

Oto kilka przykładów:

1 „Maschinenbau" r. 1928 str. 959 (art. prof. Kothn'ego). Próbowano noże ze stali o składzie: $C=0{,}7\%$; $Cr=4\%$; $W=18\%$; $Va=0{,}7\%$; $Mo=0{,}6\%$.

TABLICA 1.

Temperatura hartowania w oleju (°C)	Temperatura odpuszczania w oleju (°C)	T w min.
1200	—	4,5
1200	580	6
1275	—	7
1275	580	10
1325	—	15
1325	580	21

2) „Stahl und Eisen" 1929 r. № 8 (art. prof. Rapatz'a). Próbowano noże ze stali o składzie: $C=0{,}7\%$; $Cr=5\%$; $W=18\%$; $Va=1{,}5\%$. Skrawanie odbywało się małemi wiórkami.

TABLICA 2.

Temperatura hartowania w oleju (°C)	Temperatura odpuszczania w oleju (°C)	v w m/min.	T w godz.
1150	—	8	5,5
1200	—	8	10
1250	580	15	2,5
1300	580	15	8

3) W końcu podajemy wyniki doświadczenia (tablica 3), przeprowadzonego przez niżej podpisanego, nad frezami, wykonanemi ze stali szybkotnącej o składzie: $C=0{,}7\%$; $Cr=4{,}5\%$; $W=19\%$; $Va=1{,}2\%$; $Mo=0{,}5\%$.

Materjałem skrawanym była stal chromo-niklowa o składzie: $C=0{,}4\%$; $Mn=0{,}5\%$; $Cr=0{,}7\%$; $Ni=4\%$. Twardość Brinella $=340^0$.

Prędkość skrawania wynosiła 30 m/min; głębokość wynosiła 2 mm, a posuw 0,4 mm/obr. Skrawanie odbywało się na sucho. Stępienie ustalano na zasadzie wrostu energji elektrycznej, pochłanianej przez frezarkę.

Doświadczenia tego rodzaju pożądane jest przeprowadzić w każdym warsztacie najzupełniej samodzielnie i to w warunkach możliwie identycznych do późniejszej pracy narzędzia. Jest to konieczne

TABLICA 3.

Temperatura hartowania w oleju (°C)	Temperatura odpuszczenia w oleju (°C)	T w min.
1200	—	3
1250	—	5,8
1300	—	5,5
1300	580	11

z tego względu, że przy skrawaniu zachodzą nader skomplikowane zjawiska — niewyjaśnione dotychczas przez naukę, w sposób wyczerpujący. Wszelkie zmiany warunków skrawania, wpływają na końcowe rezultaty w sposób, nie dający się często zgóry przewidzieć.

Musimy zdać sobie sprawę, że skrawanie odbywa się w temperaturze dość wysokiej, mieszczącej się przeciętnie w granicach 100^0 — 600^0 i zachowanie się narzędzia i materjału w tej temperaturze — jest zupełnie różne. Narzędzie ma dążność do tępienia się, z powodu bezpośredniego ścierania się ostrza (w niskich temperaturach), albo przez uprzednie zmiękczenie się tegoż, pod wpływem wysokiej temperatury, i następnie starcie. Materjał obrabiany jest poddawany tak znacznemu ściskaniu, że twardość jego wiórów znacznie przekracza twardość normalną materjału, w temperaturze zwykłej; np. Herbert znalazł, że w niektórych materjałach twardość wiórów była o 200% większa, niż samego materjału. Należy również zaznaczyć, że twardość wiórów wzrasta, wraz z temperaturą, w której skrawanie się odbywa. Jednem słowem materjał zachowuje się odwrotnie, niż narzędzie, przy wzrastajacych temperaturach skrawania.

Wszystkie te zjawiska znacznie komplikują dostosowanie narzędzi do wymagań produkcji. Inżynier-narzędziowiec musi być w ciągłym kontakcie z warsztatami produkcyjnemi, bacznie obserwować zachowanie się poszczególnych narzędzi podczas pracy i nie wpadając w szablon — traktować wiele spraw w sposób indywidualny.

Kontrola produkcji.[1]

Napisał inż. W. Przybyłowski — Warszawa P. F. K.

Treść: Zadania kontroli. Środki kontroli. Kontrola produkcji seryjnej. Kontrola produkcji masowej. Wpływ kontroli na produkcję. Gospodarcza strona kontroli. Kontrola wewnętrzna. Kontrola zewnętrzna. Punkty kontrolne. Podział pól tolerancyjnych. Tolerancje jawne i ukryte. Granice zniszczenia. Dokładność wykonania sprawdzianów. Układy pasowań i kontrola. Przyszłość i kontrola.

Istota i zadania. System kontroli produktów fabrycznych jest tym fundamentem, na którym rozwinęła się w sposób niesłychanie bujny nowoczesna masowa produkcja. Rzecz prosta, mowa tu jest tylko o produkcji zamiennej i dokładnej, albowiem nie każda przecież masowa produkcja o charakterze nawet zamiennym może wymagać od nas stosowania jakiejkolwiek kontroli.

Tam, gdzie mamy do czynienia, jak powiedziano wyżej, z produkcją masową i zamienną, o cha-

[1]) Referat wygłoszony na IV-ym Zjeździe Inż. Mech. w dn. 2—4 maja r. b.

rakterze dokładnym, tam nie możemy polegać nawet na tak doskonałych środkach wykonania, jak:

1) najbardziej racjonalnem rozczłonkowaniu całego procesu wykonania na szereg prostych, odpowiednio uszeregowanych, operacyj,

2) najlepszym stanie obrabiarek i pomocniczych urządzeń i

3) najwyższych kwalifikacjach wykonawcy, nabytych drogą stałego wykonywania jednej i tej samej operacji.

Wszystkie te środki, mimo całej ich rzeczywistej pewności zawodzą jednak i muszą być uzupełnione kontrolą. Tylko kontrola, zastosowana w sposób właściwy do wyrobów fabrycznych może dać nam pewność, że wyroby te będą istotnie zamienne. Często bardzo kontrolę traktuje się, jako ostatnią czynność—związaną z wykonaniem. Jest to bardzo mylny pogląd; jeżeli chcemy, aby produkcja była pewna i tania—kontrolę należy stosować do całego szeregu związanych z wykonaniem czynności.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że ilość różnorodnych operacyj, na które rozkłada się cały proces wykonania, wynosi niekiedy sto i więcej nawet—to stanie się odrazu jasnem, że kontrola dopiero ostatniej operacji mogłaby kosztować bardzo dużo. Taka kontrola zresztą nie spełniałaby swego drugiego zadania, najważniejszego bodaj, z punktu widzenia fabrycznego — nie zapobiegałaby powstawaniu wyrobów zepsutych. A należy o tem pamiętać, że w masowej produkcji niema pojedyńczych wypadków—tam są tylko „masowe" wypadki, błąd zatem, powstały w jednem z ogniw procesu wykonania zamienia się odrazu w masowe błędy.

Środki kontroli. Środki, któremi rozporządza kontrola są bardzo różnorodne. Mimo to, jednak, można je podzielić na dwie zasadnicze grupy: 1) takie, których zadaniem jest określenie rzeczywistych rozmiarów badanego wyrobu i 2) takie, których zadaniem jest stwierdzanie, czy rozmiary badanego wyrobu są zawarte pomiędzy zgóry oznaczonemi granicami. Środki pierwszej grupy odpowiadają zatem na pytanie: jakie są rozmiary badanego wyrobu w sensie liczbowym, środki drugiej grupy natomiast, na pytanie, jakie są rozmiary badanego wyrobu w sensie jakościowym.

Taka zasadnicza różnica pomiędzy obydwiema grupami odbija się w sposób niezmiernie charakterystyczny na zakresie ich stosowania: podczas gdy środki pomiarowe, należące do pierwszej grupy, posiadają charakter uniwersalny, to znaczy, mogą badać, zależnie od dokładności wykonania i wielkości, bardzo rozległe szeregi najróżniejszych wymiarów, to środki pomiarowe drugiej grupy posiadają charakter wyłącznie specjalny, to znaczy mogą badać tylko określone wymiary. Dalej będziemy nazywali środki pomiarowe pierwszej grupy przyrządami pomiarowemi, zaś środki drugiej grupy — sprawdzianami. Jasną jest rzeczą, że do zbadania absolutnych wielkości, oczywiście w granicach tylko pewnej dokładności całego szeregu wymiarów, możemy stosować jeden i ten sam przyrząd pomiarowy. Do zbadania, natomiast, czy dany wymiar leży pomiędzy zgóry określonemi dla niego granicami, należy stosować specjalny sprawdzian podwójny względnie dwustronny: jedna strona określa czy badany wymiar nie przekroczył maksymalnej granicy, druga zaś, czy nie przekroczył minimalnej granicy. Poza przyrządami pomiarowemi i sprawdzianami dwustronnemi używane są również sprawdziany jednostronne; kiedy jeżeli chodzi o sprawdzenie czy badany wymiar nie przekroczył tylko jednej granicy: maksymalnej względnie minimalnej, oraz wzorce, zwane popularnie szablonami — kiedy chodzi o sprawdzenie mniej lub więcej skomplikowanego profilu. W tym ostatnim wypadku sprawdzenie dokonywa się, rzecz prosta, drogą porównywania i posiada wybitnie personalny charakter.

Kontrola małej produkcji. Jest sprawą bardzo trudną przeprowadzić dokładną granicę pomiędzy temi wypadkami, kiedy należy stosować tylko przyrządy pomiarowe, a temi — kiedy należy stosować sprawdziany, bowiem zbyt dużo przyczyn składa się na wybór najodpowiedniejszego środka pomiarowego. Ogólnie, jednak, można powiedzieć, że w większości wypadków, mała, seryjna, produkcja jest bardziej odpowiednim terenem do zastosowania przyrządów pomiarowych, pod warunkiem, oczywiście, że koszty pomiarów, będą mogły być utrzymane na poziomie konkurencyjnym, oraz, że dawana przez te przyrządy dokładność pomiarów będzie leżała conajmniej w granicach przepisanej dokładności badanych wymiarów. Niemniej wdzięczne pole stanowi seryjna produkcja dla zastosowania rynkowych sprawdzianów, bowiem niewielkie ilości dokonywanych pomiarów dają tym sprawdzianom dostateczną gwarancję zachowania w dobrym stanie ich sprawdzających powierzchni w ciągu dłuższego czasu.

Kontrola dużej produkcji. Dokonywanie dużych ilości pomiarów — kontrola masowa — ulega z natury rzeczy zmechanizowaniu i rozpada się na szereg operacyj, których jaknajdalej idące uproszczenie i uniezależnienie od indywidualnych cech kontrolerów jest w ogromnym stopniu związana z konstrukcją środków pomiarowych. Nie może tu być, oczywiście, mowy o przyrządach pomiarowych, jak nie może być mowy o stosowaniu uniwersalnych obrabiarek do masowej produkcji.

Środkami pomiarowemi masowej kontroli mogą jedynie być sprawdziany, bowiem tylko sprawdziany przystosowane specjalnie do badania określonych wymiarów mogą uwzględniać w swej budowie warunki lokalne oraz ułatwienie samego procesu sprawdzania. Są to momenty niezmiernie ważne, zarówno z punktu widzenia pewności, a co zatem idzie i dokładności pomiarów, jak i z punktu widzenia ekonomiczności pomiarów. Nie należy wszak zapominać o tem, że masowa kontrola stanowi bardzo poważną pozycję w ogólnych kosztach produkcji.

Wpływ kontroli na produkcję. Jak powiedziano wyżej, kontrola nie może się ograniczać tylko do ujawnienia „post factum" tych czy innych błędów wykonania. Wymagania produkcji idą znacznie dalej. Właściwie zorganizowana i pomyślana kontrola powinna również dać odpowiedź na pytanie, gdzie mianowicie został popełniony błąd, gdyż tylko wtedy, eliminując stopniowo te wszystkie czynniki, które składają się na wadliwe wykonanie, można zapewnić producji możność otrzymania pomyślnych wyników. Kontrola jest w takim samym stopniu rzutem oka naprzód, jak i wstecz, zawiera w sobie zatem pierwiastek przewidywania. Wreszcie bez kontroli niepodobna byłoby dać odpowiedź na py-

tanie: kto popełnił błąd — pytanie należy podkreślić z punktu widzenia organizacji fabrycznej, niesłychanie ważne. Wszak na treść każdej operacji składają się aż cztery elementy: wykonawca, obrabiarka, uchwyt i narzędzie. Tylko przy dokładnem wykryciu istotnego winowajcy, można z całą pewnością zastosować odpowiednie środki zapobiegawcze. Należy tu podkreślić jeszcze psychologiczną stronę kontroli. Kontrola daje wykonawcy pewność i jasność decyzji, co, pomimo wszystkich technicznych udoskonaleń, stanowi najważniejszy czynnik produkcji.

Gospodarcza strona kontroli. Zorganizowanie i prowadzenie kontroli, a zwłaszcza tam, gdzie mamy do czynienia z olbrzymiemi wprost ilościami środków pomiarowych, nie należy do łatwych zadań. Wyobraźmy sobie fabrykę, która produkuje kilka objektów, składających się z kilkunastu, a często nawet z kilkudziesięciu części każdy. Ponieważ wymiary tych części przeważnie nie są jednakowe, otrzymujemy zatem tyle grup sprawdzianów, jeżeli mamy do czynienia z masową produkcją, np., ile różnych części produkuje fabryka. Sprawdziany nie stanowią elementów stałych, przeciwnie, są stale w pewnym okresowym ruchu pomiędzy izbą pomiarową, magazynem sprawdzianów zapasowych, personelem z nich korzystającym, magazynem sprawdzianów wycofanych z obiegu, wreszcie naprawą, względnie magazynem braków. Pozatem należy wziąć pod uwagę jeszcze i to, że każdy sprawdzian poddawany jest w toku pracy okresowej rewizji, której zadaniem jest stwierdzenie, czy dany sprawdzian naskutek zniszczenia może być wogóle stosowany nadal bez szkody dla produkcji. Utrzymanie takiej ogromnej ruchomej masy sprawdzianów na należytym poziomie mając stale na uwadze dwa najważniejsze momenty kontroli: dokładność i czas—wymaga oczywiście niesłychanie sprężystej i racjonalnej organizacji.

Kontrola wewnętrzna. Żadna fabryka nie może się, bezwarunkowo, zadowolnić tylko kontrolą, dokonywaną przez bezpośredniego wykonawcę. Wskutek tego zachodzi potrzeba stworzenia specjalnej instytucji kontrolerów, niezwiązanych z produkcją i zaopatrzonych w odpowiednią ilość odpowiednich sprawdzianów. Nie znaczy to bynajmniej, że każdy sprawdzian wykonawcy powinien posiadać odpowiednik w rękach kontrolera. Z porównania ilości wymiarów charakteryzujących jakikolwiek produkt z ilością operacji składających się na jego wykonanie wynika, że ilości te przeważnie nie są jednakowe. Pozatem bardzo często zmuszeni jesteśmy wprowadzać do obróbki tak zwane operacje wstępne, których zadaniem jest usuwanie możliwie większej ilości materjału, aby tą drogą umożliwić względnie ułatwić wykonanie operacji ostatecznej. Ponieważ, zasadniczo, wykonawca powinien kontrolować każdą swoją czynność, to ilość sprawdzianów używanych przez niego będzie zawsze większa od ilości sprawdzianów używanych przez kontrolera. Jasną jest jednak, rzeczą, że wśród sprawdzianów używanych przez wykonawcę muszą się znaleźć odpowiedniki tych wszystkich sprawdzianów, jakich będzie używał kontroler. W stosunku zatem do wymiarów gotowego produktu, dokonywa się jakgdyby podwójnej kontroli. Pomiędzy jednak kontrolą stosowaną przez wykonawcę z jednej strony i kontrolera z drugiej, istnieje pewna różnica, która polega na tem, że o ile wykonawca, ściśle biorąc, kontroluje wyniki wykonywanych operacyj, tylko z punktu widzenia samego wykonania, to kontroler bada gotowy produkt tylko z punktu widzenia tego mechanizmu, do którego jako część składowa należy dany produkt.

Kontrola zewnętrzna. Każda produkcja zamienna ma na celu albo ułatwienie tylko montowania, albo montowania i ewentualnej wymiano składowej części. Z pierwszym wypadkiem mamy do czynienia przy robocie np. pocisków, z drugim, przy wyrobie np. broni i różnych maszyn. I w jednym i w drugim wypadku jednak, gotowe, zmontowane zespoły muszą odpowiadać pewnym określonym warunkom.

Nie ulega wątpliwości, że strona zamawiająca nie może zawsze zadawalniać się samym tylko zapewnieniem fabryki, że wyroby przez nią wykonane są istotnie wykonane zgodnie z wszystkiemi warunkami i stosuje wskutek tego swoją własną kontrolę, korzystając z własnych środków pomiarowych. W większości wypadków tej dodatkowej, zewnętrznej kontroli, poddawane są wymiary najbardziej ważne z punktu widzenia zadania mechanizmu, wzglednie—zamienności jego najważniejszych części składowych.

Nie możemy się tu, oczywiście, wdawać w akademickie roztrząsanie zagadnienia, czy taka zewnętrzna kontrola jest potrzebna, czy też zbędną. Strona zamawiająca może poprostu powiedzieć fabryce, że jej nie ufa, do czego zresztą miałaby najzupełniejsze prawo, skoro nie posiadamy jeszcze tak doskonałych środków wykonania, których sama obecność tylko mogłaby zapewnić niezawodność wyników ich stosowania.

Punkty kontrolne. W pewnych zatem wypadkach możemy mieć do czynienia aż z kilkakrotnem sprawdzaniem jednego i tego samego wymiaru, dokonanem w kilku różnych punktach kontroli, niezależnych jeden od drugiego. Ponieważ ich wspólnem zadaniem jest stwierdzenie, czy badany wymiar leży w przewidzianych dla niego granicach, przeto sam proces kontroli, dokonywany na każdym punkcie, powinien się odbywać według ściśle określonej metody. Ma to niesłychanie ważne znaczenie, bowiem wyniki otrzymane na każdym poszczególnym punkcie kontroli nie mogą nie uwzględniać wyników, otrzymanych na pozostałych punktach kontroli. Oczywiście nie można sobie nawet wyobrazić, aby takie metodyczne ustosunkowanie się wyników, otrzymywanych na różnych punktach kontroli mogło się odbywać inaczej, jak drogą najzupełniej automatyczną, absolutnie niezależną od kwalifikacji, względnie poglądów personelu tego czy innego punktu kontroli. Na drodze do wspólnego celu, każdy z punktów kontroli, jak powiedziano wyżej, musi posiadać ściśle określone zadanie. Zadanie to może być osiągnięte jedynie przy pomocy stworzenia pewnych racjonalnych różnic pomiędzy wymiarami sprawdzianów stosowanych na poszczególnych punktach kontroli, różnic tak dobieranych, aby wyniki kontroli nie mogły wzbudzić najmniejszej nawet wątpliwości.

Podział pól tolerancyjnych. Każde pole tolerancyjne, określane zadaną tolerancją, decyduje o zakresie ułatwień dozwolonych dla produkcji. Im większe jest to pole tolerancyjne, które stwarza spraw-

dzian w rękach wykonawcy, tem łatwiejsze jest zadanie produkcji i odwrotnie. Jeżeli wobec tego, powstaje konieczność stworzenia pewnych różnic pomiędzy sprawdzianami, przeznaczonemi do sprawdzenia jednego i tego samego wymiaru, to jest rzeczą jasną, że każdy poszczególny sprawdzian będzie mógł wyzyskać tylko część pola tolerancyjnego. System taki prowadzi zatem do niejednakowego zmniejszania pola tolerancyjnego na poszczególnych punktach kontroli i to w kierunku wręcz przeciwnym temu jakiego, przynajmniej na pierwszy rzut oka, można byłoby się tu spodziewać: najwięcej zmniejsza się pole tolerancyjne na pierwszym punkcie, a więc dla wykonawcy, i najmniej na ostatnim, a więc dla odbiorcy zewnętrznego. Taki układ jednak gwarantuje, że to co okazało się dobrem na sprawdzian wykonawcy będzie bezwzględnie dobrem na sprawdzian każdego następnego bądź fabrycznego, bądź zewnętrznego odbiorcy. Stopień zmniejszania pól tolerancyjnych waha się w dość szerokich granicach, naogół nie przekraczając 25 — 30% całego pola. Co się tyczy wzajemnego ustosunkowania się zasięgów sprawdzianów na poszczególnych punktach kontroli, to mowy być nie może o jakiemkolwiek arbitralnem rozwiązaniu tej sprawy — wszystko bowiem zależy od wielkości pola tolerancyjnego i lokalnych warunków, a co najgłówniejsze od istotnych potrzeb.

Tolerancja jawna i ukryta. Dotyczczas była mowa o polu tolerancyjnem, określanem przez tolerancję wystawianą na rysunkach, a więc tolerancją jawną. Bardzo często jednak mamy do czynienia z dodatkowem zmniejszeniem względnie powiększeniem pola tolerancyjnego, jako rezultatem istnienia ukrytej tolerancji, stanowiącej wskutek stosowanych metod sprawdzania. Przykład takiej ukrytej tolerancji daje nam wypadek sprawdzania położenia otworów, kiedy i średnica i wymiar określający położenie otworu posiadają tolerancję. Ponieważ dotychczas stosowane sprawdziany nie pozwalają nam na wyeliminowanie tolerancji średnicy, tolerancja ta będzie zawsze w jednym lub drugim kierunku wpływała na tolerancję odległości. O ile warunki tak się ułożą, że tolerancja ukryta będzie zmniejszała pole tolerancyjne, to dzieląc je pomiędzy sprawdziany stosowane na różnych punktach kontroli, należy owo zmniejszenie mieć na uwadze, a szczególnie tam, gdzie granice pola nie są zbyt rozległe.

Granice zniszczenia. Naskutek stałego używania sprawdzianów—ich powierzchnie sprawdzające ulegają stopniowemu zniszczeniu, którego intensywność zależy od szeregu różnych przyczyn.

Wśród nich do najważniejszych należą: materjał badanego przedmiotu i stan wykończenia jego powierzchni, następnie materjał i stan wykończenia sprawdzających powierzchni sprawdzianu, wreszcie warunki samago sprawdzania. Bardzo ciekawe dane pod tym względem można znaleźć w „Mechaniku" z roku 1927.

Mimo, że zniszczenie sprawdzianów, wahając się w dość szerokich naogół granicach, może się wyrażać bardzo minimalnemi wartościami — to jednak należy je zawsze uwzględniać, jeżeli chcemy, aby sprawdziany mogły właściwie spełniać swoje zadanie. Ponieważ zadanie to polega na tem, aby nie dopuścić do przekroczenia przez bedany wymiar obu granic przeznaczonego dla niego pola tolerancyjnego, to staje się zrozumiałem, dlaczego dodatki na zniszczenie sprawdzianów dokonywane są kosztem pola tolerancyjnego. Tylko w tym wypadku będzie można mieć pewność, że sprawdzian na granicy swego zniszczenia, po całkowitem zużyciu swego dodatku na zniszczenie, nie odbierze jednak wymiaru poza granicami tolerancji. Stosując wielokrotny odbiór i przewidując dla każdej kategorji sprawdzianów specjalne dodatki na zniszczenie w zależności od warunków ich używania, możemy użyć właśnie tych dodatków, jako środka do stworzenia różnic pomiędzy różnemi kategorjami sprawdzianów. Wskutek tego jako granica zniszczenia sprawdzianu należącego do danej kategorji, będzie służył wymiar nowego sprawdzianu, należącego do następnej kategorji.

Jest to bardzo wygodny i tani środek gospodarowania ogromnemi masami sprawdzianów przy wielokrotnym odbiorze.

Dokładność wykonania sprawdzianów. Wykonanie sprawdzianów podlega rzecz prosta, tym samym prawom, co i wykonanie każdego innego przedmiotu, to znaczy, pomimo największych wysiłków i najlepszych środków wykonania, nie jest dokładne. Tu jednak należy zwrócić uwagę na ekonomiczną stronę zagadnienia i znaleźć właściwy środek pomiędzy — z jednej strony — istotnemi technicznemi potrzebami, a z drugiej — kosztami wykonania. W wielu wypadkach koszt wykonania zależy i od typu sprawdzianu. Praktycznie sprawy biorąc, dokładność wykonania sprawdzianów, poza pewnami wyjątkami, waha się w dość wąskich granicach, chociaż wielu wytwórców uznaje za możliwe wyrażać stosowaną dokładność przy pomocy cyfr nawet na piątem miejscu za przecinkiem. Naogół wszakże, można przyjąć za jednostkę dokładności wykonania sprawdzianów dla normalnych wypadków dwa mikrony, a więc to, co przy odpowiedniej wprawie można wyczuć przy pomocy płytek Johanssona.

Układy pasowań i sprawdziany. Fakt zatwierdzenia układów pasowań w wielu krajach nie może nie wywrzeć pewnego wpływu na kontrolę, powołując do życia tak pożądane w przemyśle ogólnym sprawdziany normalne i umożliwiając tem samem powstawanie specjalnych wytwórni, poświęconych specjalnie wykonaniu tych sprawdzianów, co w niemałym stopniu przyczyni się do obniżenia kosztów ich wykonania, a co zatem idzie i ich rozpowszechnienia. Wątpliwą jest jednak rzeczą, aby układy pasowań mogły zmienić w jakikolwiek sposób przyjęte metody kontroli — takie zadanie będzie raczej zadaniem dalszego rozwoju środków wykonania. Można mówić natomiast o licznych zmianach, jakie będą napewno dokonane w układach pasowań przez spawdziany, jako środki nawskroś praktyczne, bowiem dla łatwo zrozumiałych powodów, tylko takie układy pasowań będą w stanie wejść w życie, które będą dostosowane do poziomu obecnie stosowanych sprawdzianów.

Przyszłość i kontrola. Nie ulega wątpliwości, że postępy w materjałach używanych do wyrobu sprawdzianów i metodach obróbki prawdopodobnie już w niedalekiej przyszłości zmienią do niepoznania oblicze kontroli. Dość wspomnieć o póbach utwar-

dzania sprawdzających powierzchni przy pomocy nitrowania — próbach, według ostatnich wyników otrzymanych na gruncie amerykańskim, przedłużających życie sprawdzianów pięcio i sześciokrotnie. Nie mniej ciekawą jest wiadomość o fabrycznych pomiarach głębokości komory nabojowej w lufach karabinowych, dokonywanych z dokładnością do mikronów. Z drugiej strony należy podkreślić coraz bardziej wzrastającą dokładność środków wykonania co w wielu wypadkach automatycznie usuwa konieczność specjalnej kontroli, bowiem same warunki wykonania uniemożliwiają powstawanie błędów nieprzewidzianych, przekraczających zakreślone dla nich granice.

Żeliwo wysokowartościowe.

Nap. inż. S. Dąbrowski.

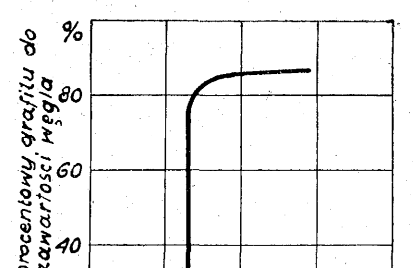
Treść: Prace uczonych nad hartowaniem i odlewaniem. Cechy żeliwa wpływające na jego szerokie stosowanie. Żeliwo białe. Badania Piwowarskiego, Hanemanna i Morschela. Żeliwo perlityczne. Zależność struktury żeliwa od jego składu chemicznego. Cechy wytrzymałościowe żeliwa. Żeliwo wysokowartościowe Doniosłość wynalazku Diefentälera i Sippa. Własności żeliwa Lanza. Zjawisko rośnięcia żeliwa. Metoda Thyssen-Emmel. Użycie cegiełek „E K". Żeliwo Corsalliego „Sternguss". Metoda d-ra Schültza. Piec Wüsta. Piece elektryczne w odlewnictwe żeliwa. Metody podnoszenia własności mechanicznych żeliwa.

Do niedawna jeszcze hartowania i odlewania były temi dziedzinami warsztatowemi, w których panował wszechwładnie system majstrowski ze wszystkiemi, znanemi nam dobrze wadami. Szybki rozwój metalografji, dodatnie wyniki, otrzymane przy jej zastosowaniu praktycznem, przyczyniły się w dużej mierze do tego postępu, jaki widzimy w dziedzinie odlewnictwa żeliwa; trzeba zaznaczyć, że przeważną część zasługi należy przypisać Niemcom, których przemysł w poszukiwaniu nowych dróg rozwoju opiera się na metodach naukowych.

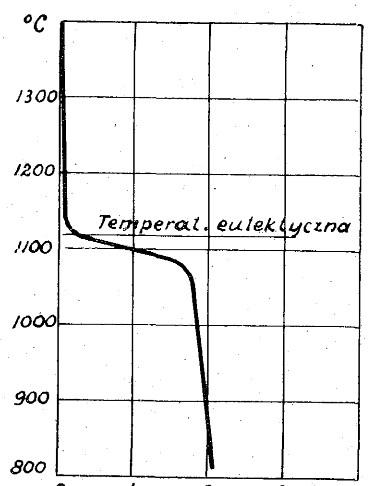
Żmudne prace uczonych niemieckich w licznych laboratorjach dokonały rewolucji w dziedzinie żeliwa; Ameryka w tym wypadku pozostaje daleko w tyle za Europą. Żeliwo, swe szerokie, w przeciwieństwie do stali lanej, zastosowanie zawdzięcza: 1) płynności, zapełnia bowiem dobrze cienkie ścianki, powikłane kształty, co jest ważne dla konstruktora; 2) następnie, ma dużo mniejszy skurcz i mniejszą skłonność do tworzenia jam usadowych (Lunker), co zmniejsza procent braków; 3) topi się w niższych temperaturach, więc koszty instalacyjne (piec) są mniejsze; 4) technika formierska jest dużo łatwiejsza i prostsza; 5) wreszcie jest łatwiej obrabialne. Ma jednak żeliwo jedną, zasadniczą wadę: niskie własności mechaniczne, co ogranicza jego użycie i zmusza do stosowania stali lanej, lub kujnej leizny. Własności mechaniczne żeliwa są funkcją jego struktury wewnętrznej, która ze swej strony zależy od 1) składu chemicznego, 2) szybkości stygnięcia, 3) temperatury nagrzania; należy więc dla zrozumienia metod, stosowanych przez uczonych niemieckich, przypomnieć sobie zasady budowy wewnętrznej żeliwa.

Układ żelazo-węgiel należy do najbardziej skomplikowanych układów znanych w metalografji. Mamy tu dwa stany równowagi: 1) równowagi stałej — układ żelazo-grafit, żeliwo szare i 2) równowagi niestałej — układ żelazo-cementyt (Fe_3C), żeliwo białe; następnie mamy allotropowe przemiany żelaza; przesunięcie granicy roztworów stałych, związane z wydzielaniem się nadmiernej ilości węgla.

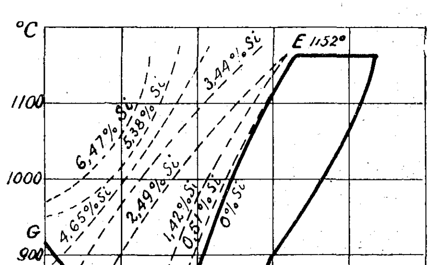
Podług układu niestałego z płynnego żeliwa wydzielają się przy krzepnięciu kryształy roztworu cementytu w żelazie γ; w chwili zastygania ostatniej kropli cieczy, ciecz ta ma skład 4,29% C, roztwór zaś stały graniczny— 1,7% C; oba te składniki tworzą między sobą przy temperaturze koło 1130° eutektykę t. zw. ledeburyt. W temperaturze więc eutektycznej żeliwo praktycznie stosowane, a więc nie przekraczające



Rys. 1. Wydzielanie się grafitu przy małych zawartościach krzemu w żeliwie.

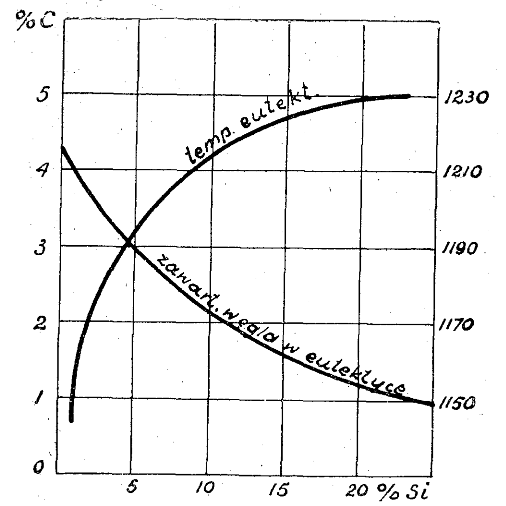


Rys. 2. Wykres wskazujący rozpad cementytu na ferryt i grafit poniżej solidusu.



Rys. 3. Przesunięcie przez krzem linji wydzielania się cementytu.

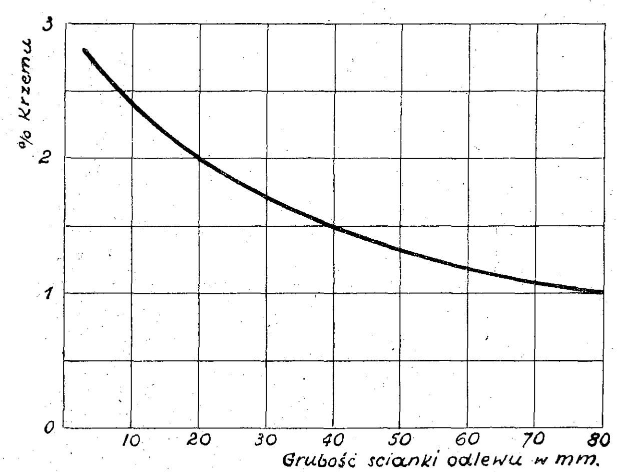
swą zawartością węgla 4,29%, składa się z mieszaniny ledeburytu i roztworu granicznego stałego cementytu w żelazie γ; różnica w strukturze jest ta, że graniczny roztwór stały charakteryzuje się grubemi kryształami, podczas kiedy roztwór stały, wchodzący w skład ledeburytu, ma drobnokrystaliczną budowę.



Rys. 4. Zmiana zawartości węgla w ledeburycie oraz temperatury eutektycznej przy różnych zawartościach krzemu.

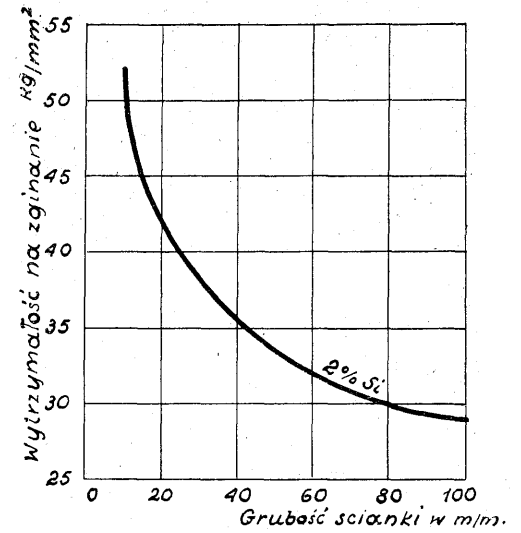
Poniżej temperatury eutektycznej następują przemiany w stanie stałym: rozkład kryształów roztworu stałego, związany z wydzielaniem się cementytu. Roztwór stały przybiera ostatecznie formę perlitu.

Dzięki 1) odpowiedniemu składowi chemicznemu: małej ilości krzemu, który sprzyja wydzielaniu się grafitu (rys. 1), lub dużej ilości manganu, który sprzyja powstawaniu cementytu i dzięki 2) dużej szybkości stygnięcia mamy możność pokierowania w ten sposób, aby rozpad kryształów roztworu stałego nie mógł się odbyć, aby cementyt nie mógł rozłożyć się na ferryt i grafit, do czego ma skłonności, jako do przejścia w układ równowagi stałej.



Rys. 5. Wpływ grubości ścianki żeliwnej na wytrzymałość na zginanie.

W ten sposób powstaje żeliwo białe, pozbawione całkowicie grafitu, posiadające jako charakterystyczny składnik — cementyt, składnik bardzo twardy i kruchy, stąd żeliwo białe ma bardzo specjalne zastosowanie. Podług układu równowagi stałej, z cieczy wydzielają się przy zawartości węgla poniżej 4,2% kryształy roztworu grafitu w żelazie γ; przy temperaturze koło 1150° z kryształów roztworu stałego granicznego o zawartości 1,3% C i cieczy o zawartości 4,2% C wytwarza się eutektyka; naskutek przesunięcia się granicy roz-



Rys. 6. Dobór ilości krzemu w żeliwie w zależności od grubości ścianek odlewu.

tworu stałego wydzielają się kryształy grafitu tak, że roztwór stały przybiera postać eutektoidu ferrytu i grafitu, odpowiadającego perlitowi w układzie niestałym. Powstałe w ten sposób żeliwo szare winno w temperaturze normalnej składać się z eutektoidu ferrytu-grafitu, grafitu, grubo-wykrystalizowanego podczas rozpadu roztworu stałego granicznego i eutektyki o składzie 4,2% C.

W rzeczywistości jednak w żeliwie szarem mamy grafit na tle ferrytu, albo na tle perlitu, albo też na tle ferrytu i perlitu, stanowiących tło zasadnicze (Grundmasse), a w pewnych przypadkach nawet cementytu; żeliwo szare więc możnaby nazwać stalą, zanieczyszczoną przez grafit.

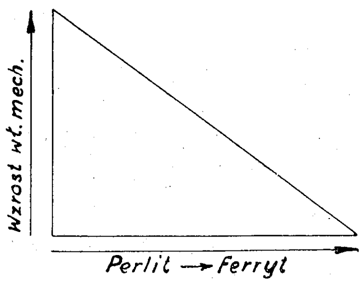
Jak każdy szlif żeliwa szarego pokazuje, jest ono produktem działania obu układów: stałego i niestałego. Na pytanie, kiedy i na zasadzie którego układu powstaje grafit, tak charakterystyczny dla żeliwa szarego, trudno dać stanowczą odpowiedź; istnieją dwie hipotezy: 1) Goerensa i Ruera [1]), który, wychodząc z teoretycznie uzasadnionej możliwości działania obu układów równowagi, kategorycznie twierdzą, że grafit w przeważającej ilości wydziela się już z cieczy, na podstawie układu stałego 2) Heyna i Bauera [2]) którzy na zasadzie licznych badań nad różnemi gatunkami surówek doszli do przekonania, że krzepnięcie odbywa się na zasadzie układu niestałego t. j. że z cieczy wydziela się zawsze, nawet przy dużej ilości krzemu, cementyt, który rozpada się poniżej solidusu na ferryt i grafit tak, że grafit jest produktem rozkładu cementytu w stanie stałym (rys. 2), poniżej temperatury eutektycznej.

Na ostateczny wynik ma olbrzym wpływ szybkość stygnięcia, która może nawet sprawić, że żeliwo, w normalnych warunkach krzepnięcia szare,

1) St. u. E. 1925. Str. 137—140.
2) Heyn „Die Theorie der Eisenkohlenstofflegierungen".

stanie się białem; następnie, jak wykazały przed paru laty badania Piwowarskiego, przegrzanie żeliwa.

Podług Hanemanna [1]), który dał przekonywujące wyjaśnienie badań Piwowarskiego, krystalizacja żeliwa z cieczy odbywa się podług układu stałego, zmiany zaś w stanie stałym—podług obu układów. Krystalizacja tła zasadniczego zależy przy danym składzie chemicznym od temperatury, przy

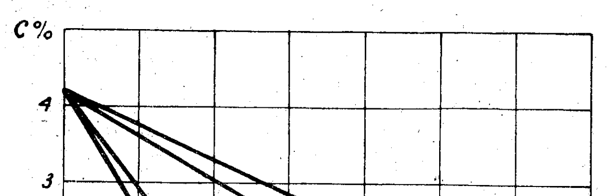


Rys. 7. Własności mechaniczne perlitu i ferrytu.

której żeliwo, przestając stygnąć podług układu stałego, wchodzi w obręb działania układu niestałego; zmieniając więc szybkość stygnięcia, mamy możność wywrzeć odpowiedni nacisk.

Na ukształtowanie się struktury, oprócz szybkości stygnięcia, wpływa jeszcze skład chemiczny żeliwa, a przedewszystkiem — krzem. Jak wykazały badania Morschela [2]) krzem przesuwa całkowicie w lewo linją *ES* wydzielaniu się cementytu, (rys. 3), zmienia zawartość węgla w ledeburycie oraz temperaturę eutektyczną, (rys. 4).

Wykres Morschela może oddać cenne usługi; np. żeliwo o składzie 1,5% *Si*, dla otrzymania tła perlitycznego, winno do 1030° stygnąć podług układu stałego, a więc wolno; poczem powinniśmy zwiększyć szybkość stygnięcia np. przez wyjęcie odlewu z formy; ponieważ przy temperaturze 1030° roztwór stały zawiera koło 0,9% C i ponieważ w tej chwili żeliwo przechodzi naskutek zwiększenia szybkości stygnięcia do układu niestałego, otrzymujemy

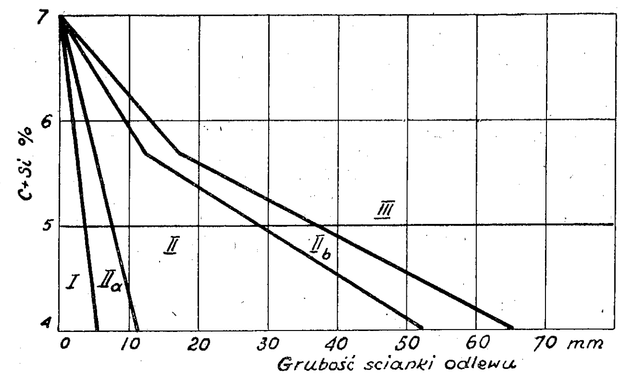


Rys. 8. Zależność struktury żeliwa od jego składu chemicznego.

tło perlityczne (0,9% C); dla żeliwa np. o składzie 2,5% *Si* należałoby zwiększyć szybkość chłodzenia przy temperaturze 1080°.

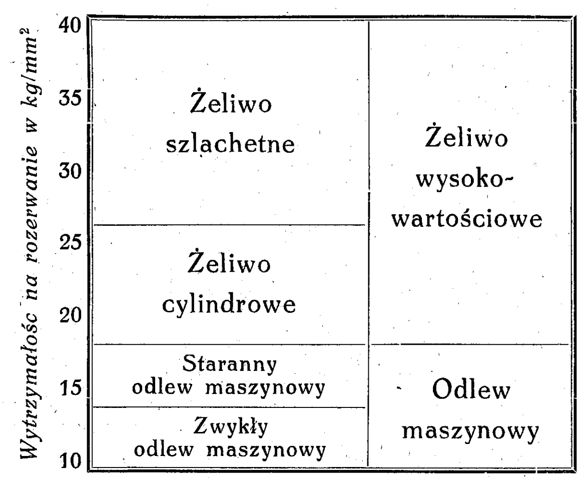
Kwestja tworzenia się grafitu jest dla praktyka rzeczą obojętną wobec tego, że potrafimy przez dobranie odpowiedniego składu chemicznego i szybkości stygnięcia otrzymać strukturę pożądaną.

Było znane oddawna w odlewnictwie, że zależnie od grubości ścianek odlewu, czyli od szybkości stygnięcia, to samo żeliwo dawało raz złom gruboziarnisty, drugi raz — złom drobnoziarnisty, przy którym żeliwo ma wyższe własności mechaniczne; dlatego to próbki z żeliwa, badane na zginanie lub na rozerwanie, mają ustalony wymiar, w Niemczech — 30 mm, ponieważ próbka o mniejszej średnicy da wyższy wynik, niż próbka z tego samego żeliwa, ale o większej średnicy (rys. 5);



Rys. 9. Wpływ sumy węgla i krzemu na strukturę żeliwa w zależności od grubości ścianek. I - żeliwo białe, II - żeliwo perlitycznie, II-a i II-b stany pośrednie, III - żeliwo ferrytyczne.

dlatego też do grubości ścianek odlewu dobiera się ilość krzemu, jako głównego składnika, regulującego wydzielanie się grafitu; więc im grubsza ścianka, tem mniej krzemu (rys. 6). Jest więc rzeczą niezmiernie ważną ustalić wpływ składu chemicznego na strukturę odlewu, a więc pośrednio na jego własności mechaniczne. Wobec tego, że perlit ma wyższe własności mechaniczne od ferrytu, co podał do wiadomości jeszcze Goerens [3]) w 1906 r. i co możnaby zobrazować wykresem rys. 7, pożądanem jest wytworzenie takiego żeliwa, w którem tło stanowi perlit i w którem ferrytu wcale niema; stąd często żeliwo wysokowartościowe nazywają perlitycznem.

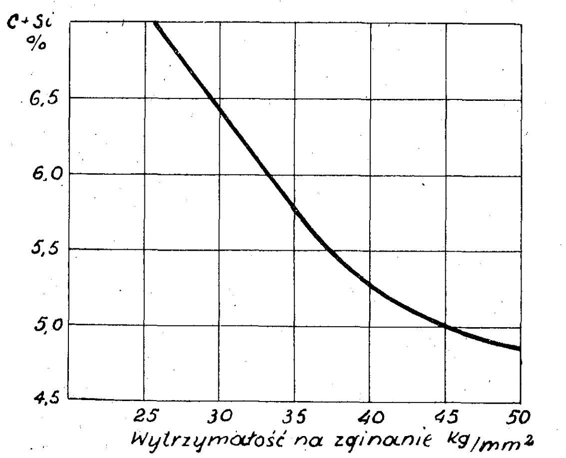


Rys. 10. Podział żeliwa na grupy.

Jest zasługą Maurera, że zbadał cały szereg gatunków żeliwa i ustalił, dla normalnych warunków, w formie wykresu (rys. 8), zależność struktury od składu chemicznego, podobnie jak to ze stalami specjalnemi uczynił Guillet. Jak widać, żeliwo może mieć strukturę białego, ferrytycznego i perli-

[1], [2]) „Monatsblätter der Berliner Bezirksvereins Deutscher Ingenieure" № 4/1926. [3]) St. u. E. 1906. № 26.

tycznego. Praktyczne zastosowanie jego wykresu ogranicza silnie ta okoliczność, że nie uwzględnił on wpływu grubości ścianek odlewu. Greiner i Klingenstein więc zmienili jego wykres, podając wpływ sumy węgla i krzemu w zależności od grubości ścianki na strukturę żeliwa (rys. 9). Nasuwa się konieczne zastrzeżenie, że wykres jest słuszny dla normalnych szybkości stygnięcia.



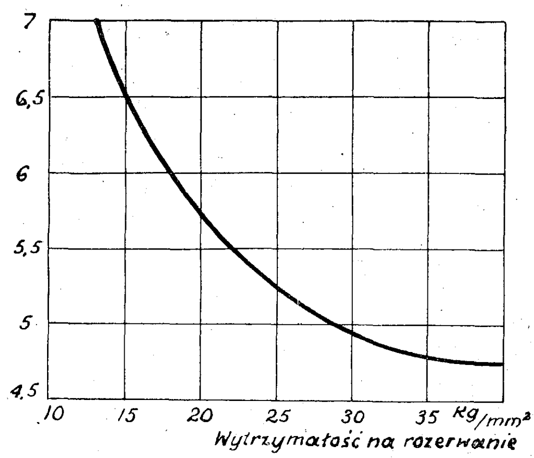
Rys. 11. Wytrzymałość na zginanie w zależności od sumy węgla i krzemu w żeliwie.

Aby na powyższym wykresie znaleźć miejsce dla żeliwa wysokowartościowego, trzeba zająć się własnościami mechanicznemi żeliwa; zależnie od wytrzymałości na rozerwanie próbek o średnicy 30 mm, można podzielić co do jakości żeliwo na parę grup podanych na rys. 10.

Dla określenia własności mechanicznych używamy prób na zginanie i na rozerwanie; w pewnych wypadkach wygodnie jest wykonać pomiar twardości na samym odlewie; dlatego więc mają znaczenie 3 krzywe, przedstawiające zależność wytrzymałości na zginanie, (rys. 11), wytrzymałości na rozerwanie (rys. 12) i twardości (rys. 13) od sumy węgla i krzemu w żeliwie; na wykresie wytrzymałości na zginanie charakterystyczne jest zgięcie krzywej, począwszy od 5,3% $C + Si$, co łatwo można sobie wytłumaczyć z wykresu Greinera i Klingensteina. Przechodzimy wtędy z zakresu żeliwa ferrytycznego w perlityczne; w wykresie wytrzymałości na rozerwanie uderza nas, że krzywa silnie zagina się już przy wyższych zawartościach $C + Si$% w porównaniu z krzywą na zginanie, co wynika z okoliczności, że rozdrobnienie grafitu, idące w parze ze zmniejszeniem ilości $C + Si$, daje się wcześniej i silniej odczuć przy wytrzymałości na rozerwanie, niż przy wytrzymałości na zginanie; to samo widać na wykresie zależności wytrzymałości na rozerwanie od twardości (rys. 14), gdzie znów rozdrobnienie grafitu podnosi silniej wytrzymałość na rozerwanie, niż twardość; dzięki tej okoliczności wzrost wytrzymałości na rozerwanie u żeliwa wysokowartościowego nie pociąga za sobą wzrostu twardości, jak wynikałoby z zależności $H_{Br} = 4 . \sigma_r + 100$, ważnej dla normalnych gatunków żeliwa; dzięki temu żeliwo perlityczne jest dość łatwo obrabialne.

Mając te zależności, możemy na wykresie Greinera-Klingensteina wyznaczyć zakres żeliwa wysokowartościowego (rys. 15). Pierwszy patent na żeliwo perlityczne ukazał się w 1916 r., jako wynik prac Diefentälera i Sippa, własność firmy Lanz w Mannheimie.

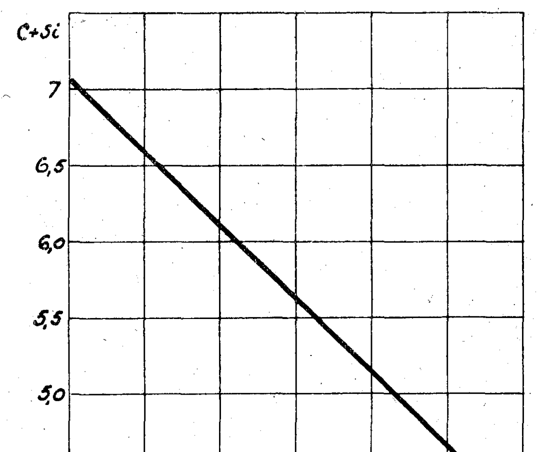
Skład chemiczny żeliwa Lanzowskiego jest dostosowany do grubości ścianek odlewu; w patencie są podane trzy składy: Dla odlewów grubościennych $C + Si \leqslant 3,4\%$, $C < 2,9\%$, $Si < 1,2\%$; 2) dla odlewów cienkościennych $C + Si \leqslant 4,6\%$, $C < 3,5\%$, $Si < 1,2\%$; 3) dla średnich ścianek $C + Si \leqslant 4\%$,



Rys. 12. Wytrzymałość na rozerwanie w zależności od sumy węgla i krzemu w żeliwie.

$C < 3,5\%$, $Si < 1,5\%$. Przeciętnie: dla ścianek do 8 mm — 0,5% Si, dla ścianek do 18 mm — 0,7% Si dla ścianek do 50 mm — 0,85% Si.

Jak widać z wykresu Maurera, żeliwo o tym składzie, jako ubogokrzemowe, zastygłoby w normalnych warunkach krzepnięcia, jako białe; dla uniknięcia tego i otrzymania szarego złomu wystarczy: 1) dodatkowe ogrzanie form, po złożeniu

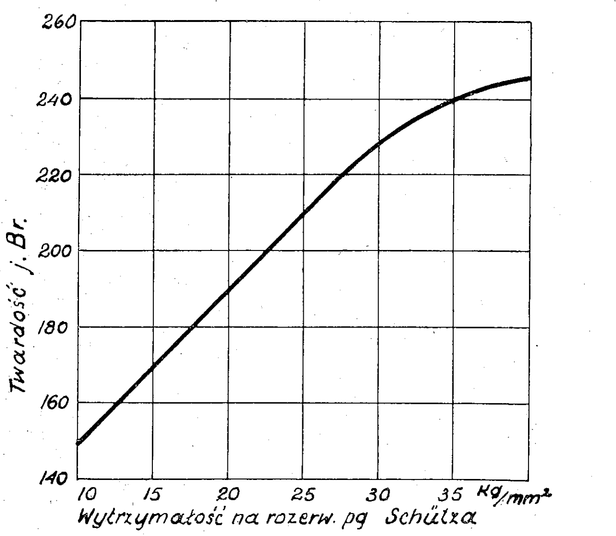


Rys. 13. Twardość żeliwa w zależności od sumy węgla i krzemu w żeliwie.

ich lub, co na jedno wynosi, 2) stosowanie specjalnych form, zaopatrzonych w kanały izolacyjne dla uniknięcia szybkiej utraty ciepła, ścianki formy, ogrzewając się od wlanego żeliwa, o wyższej niż normalnie temperaturze, skupiają w sobie masę ciepła, które oddają odlewowi po zastygnięciu, dzięki czemu mamy szary złom w żeliwie, otrzymanem metodą Lanza, tło stanowi perlit w formie

płatków; kryształy grafitu są drobniejsze, niż w zwykłym żeliwie.

Temperatury, do których zależnie od grubości ścianek należy formy podgrzewać, przedstawiają rys. 16, 17, 18. Jest godnem podkreślenia, że podczas swych badań wynalazcy stosowali mikrograficzne badania struktury żeliwa; działo się to w czasach, kiedy metalurgja nie miała jeszcze praktycznego zastosowania w odlewni. Obecnie dyr. Sipp domaga się wprowadzenia klasyfikacji i oceny żeliwa na podstawie jego mikrostruktury. Trzeba zaznaczyć, że w dawniejszych czasach znane były metody otrzymywania szlachetnego żeliwa; Chińczycy umieli odlewać cienkie jak papier, kotły do gotowania ryżu, przyczem stosowali również ogrzewanie form (przy pomocy koksu); sposób ogrzewania form znany był w średniowieczu w Europie, stosowano go między innemi w Styrji przy odlewie armat.



Rys. 14. Wytrzymałość żeliwa na rozerwanie w zależności od twardości.

Istnienie nieznanych poprzedników nie zmniejsza zasługi Diefentälera i Sippa; planowo i świadomie dążyli oni do celu tak, że o przypadkowości w ich pracy mowy niema; przekonywa nas o tem wyjątek z ich oświadczenia, objaśniającego istotę patentu:

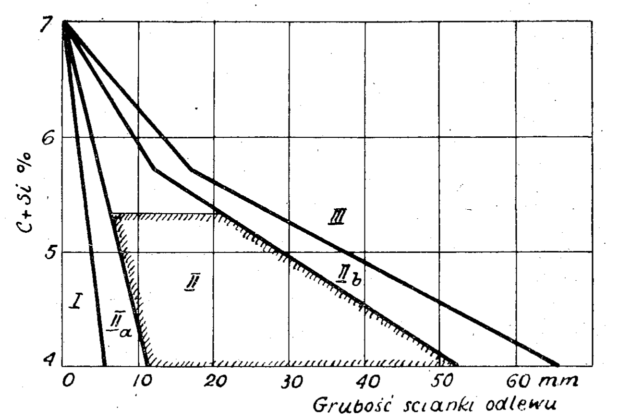
„Metoda dla otrzymania żeliwa z wysoką odpornością na ścieralność, polegająca na odpowiednim składzie chemicznym oraz na szybkości stygnięcia, odpowiadającej analizie tak, że struktura wewnętrzna odlewu charakteryzuje się perlitem płatkowym, z wykluczeniem ferrytu".

Wytrzymałość na rozerwanie żeliwa Lanza przekracza 30 kg/mm², twardość j. *Br* — 170 — 180.

Jeśli uprzytomnimy sobie, że w przedwojennych czasach otrzymywano, i to jedynie w sporadycznych wypadkach 25 kg/mm², to zrozumiemy doniosłość ich wynalazku.

Formy i rdzenie wykonywa się normalnie; jak podaje Smith, nie miał on trudności z doborem masy na formy i rdzenie.

Żeliwo Lanza odznacza się: 1) wysokiemi własnościami mechanicznemi, 2) odpornością na uderzenie, 3) odpornością na ścieralność, 4) brakiem por, 5) brakiem naprężeń wewnętrznych, dzięki niskiej szybkości stygnięcia, 6) znaczną, naskutek jednolitej struktury, ścisłością złomu, 7) łatwą obrabialnością, 8) brakiem zjawiska rośnięcia.

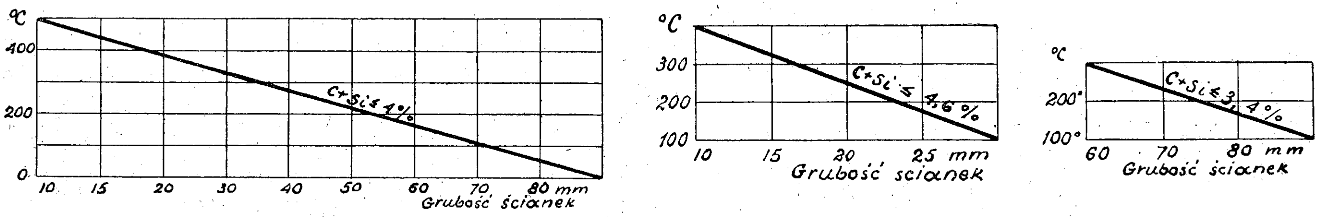


Rys. 15. Zakres żeliwa wysokowartościowego na wykresie Greinera - Klingelsteina.

Dowodem ścisłości żeliwa perlitycznego jest stosowanie go na rury żebrowe, używane w centralnem ogrzewaniu lub na przegrzewacze parowe; rury te, w których grubość kołnierza wynosi 13 mm, a grubość żebra — koło 2 mm, pomimo próby hydraulicznej na 400 atmosfer, były najzupełniej ścisłe, i procent braków był nieznaczny [1]).

Zjawisko rośnięcia polega na tem, że w wyższych temperaturach żeliwo zwiększa swe wymiary, które pozostają już na stałe, po ochłodzeniu przedmiotu; jak zaobserwowano, zjawisko to stoi w związku z ilością krzemu w żelazie i nie ma miejsca przy ilościach mniejszych od 1,3%; w przeważnej ilości wypadków żeliwo takie zastygłoby jako białe; dzięki więc metodzie Lanza istnieje możliwość stosowania na wysokie temperatury żeliwa, ubogiego w krzem.

Wszystkie, wyżej wymienione zalety są bardzo cenne, cały szereg fabryk, wytwarzających silniki parowe czy spalinowe, wykorzystał patent Lanza

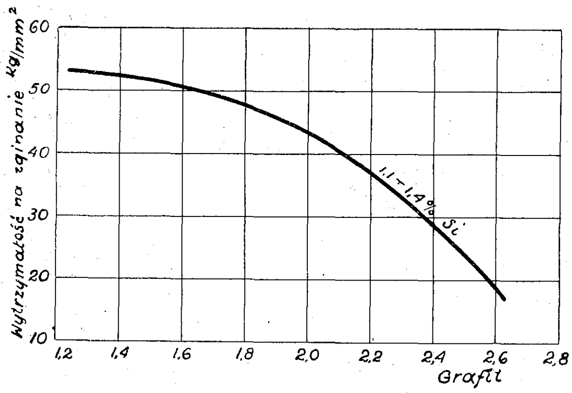


Rys. 16 — 18. Temperatura podgrzewania form w zależności od grubości ścianek.

[1]) Firma Steinmüller w Gummersbach.

i stosuje u siebie z powodzeniem żeliwo perlityczne do odlewu całego szeregu części maszynowych.

Była to pierwsza praca w kierunku otrzymania żeliwa wysokowartościowego, uwieńczona pomyślnym skutkiem. Pomijamy próby z wprowadzeniem do żeliwiaka, jako paliwa, ciężkich olejów lub pyłu węglowego, oraz konstrukcję Schürmanna, polegającą na podgrzewaniu powietrza, ponieważ metody te mają większy wpływ na zmniejszenie rozchodu koksu, niż na podniesienie jakości żeliwa; piec płomienny, dostarczający dobrego żeliwa na odlewy



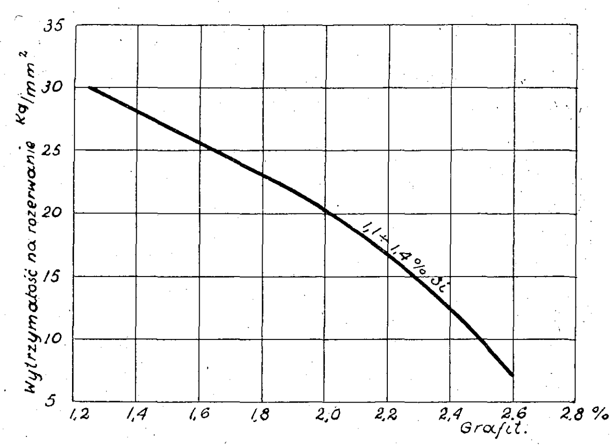
Rys. 19. Wytrzymałość żellwa na zginanie w zależności od ilości grafitu w nim zawartego.

walców, kokil i t. p., nie znalazł szerszego zastosowania z racji dużego wydatku paliwa oraz niemożności ciągłego dostarczania żeliwa; tak więc pierwsze próby podniesienia jakości żeliwa opierają się na materjale, pochodzącym z żeliwiaka.

Zostaje tylko zwrócona silniejsza uwaga na kwestję odsiarczania, która została wywołana trudnościami wojennych i powojennych czasów, kiedy głównym materjałem wsadowym, którym odlewnie dysponowały, był druzg; z tych czasów pochodzą konstrukcje żeliwiaków Dürkoppa, Reina i Luykena, usuwające siarkę dzięki umieszczeniu syfonu między spodem pieca i zbiornikiem, oraz metoda Waltera, polegająca na wprowadzeniu cegiełek, zawierających alkalja.

Godną większej uwagi jest metoda Dr. Dechesne'a, stosowana przezeń w Spandawie w firmie „Deutsche Industriewerke", mająca na celu podniesienie własności mechanicznych dzięki: 1) usunięciu gazów, 2) usunięciu żużli, 3) dobremu przemieszaniu żeliwa. Przeprowadza on to na drodze wyłącznie mechanicznej, dzięki wstrząsom, którym podlega łyżka, ewentualnie zbiornik (Vorherd) z płynnem żeliwem; żużel i zanieczyszczenia, jako lżejsze, wydzielają się na powierzchnię i towarzyszy tym wydzielinom wydobywanie się gazów; ponieważ równocześnie z powyższemi zjawiskami następuje rozdrobnienie grafitu, żeliwo takie odznacza się wysokiemi własnościami mechanicznemi; wprawdzie Klingenstein[1]) nie obawia się ujemnego wpływu siarki na własności żeliwa, twierdząc słusznie, że przy dobrze płynnym żużlu i wystarczającej ilości manganu, przy dobrze prowadzonej pracy żeliwiaka, siarka nie przekracza 0,1%, a ta ilość nie jest szkodliwa, jak wynika z licznych badań. Karpely[2]) znów na podstawie swych mało jeszcze szerszemu ogółowi znanych prac przypisuje doniosłą wagę kwestji żużla.

Dodatnie wyniki, osiągnięte przez Diefentälera i Sippa, były bodźcem dla innych badaczy tak, że w krótkim czasie ukazało się parę innych metod, opierających się na ujęciu kwestji grafitu: 1) zmniejszenie jego ilości, 2) rozdrobnienie jego kryształów. Ponieważ wydzieliny grafitu o wytrzymałości, równej zeru, jakgdyby stanowiły przerwy w pracującym przekroju odlewu, obniżając katastrofalnie własności mechaniczne żeliwa (rys. 19, 20), stąd zrozumiałe jest dążenie do otrzymania jaknajmniej grafitu i w postaci jaknajbardziej rozdrobnionej, rys. 21 tak, aby żeliwo przypominało swym złomem stal. Dodatni wpływ zmniejszenia ilości grafitu znany był oddawna w praktyce; wiedziano, że żeliwo o wysokiej zawartości węgla skłonne jest do wydzielania grubo wykrystalizowanego grafitu; jeszcze Ledebour podał wzór $C + Si \leqslant 6{,}3 - 6{,}6\%$. Systematyczne badanie Wüsta i Bardenheuera potwierdziły słuszność tego poglądu. Uzyskanie jednak w żeliwiaku małej ilości węgla jest niezmiernie trudne do przeprowadzenia i wymaga dużego doświadczenia. Nawet przy namiarze, złożonym w 90% ze stali, pomijając specjalne, skomplikowane nieraz metody, nie można otrzymać poniżej 3% węgla (Ledebour), ponieważ płynne żeliwo, ściekając na spód pieca, nasyca się węglem naskutek zetknięcia się z rozżarzonym koksem. Drugą trudnością jest osiągnięcie wyższych temperatur, niezbędnych do stopienia ubogiego w węgiel żeliwa. Tylko dzięki słusznemu ujęciu tej kwestji, że zwiększanie procentowości koksu topnego temperatury znacznie nie podwyższy, i dzięki dostarczeniu nadmiernych ilości powietrza koło 200 $m^3/1\ m^2 \times 1$ min., starannie rozprowadzonego na cały przekrój pieca (kwestja dysz), dało się uzyskać wysokie temperatury, dochodzące 1500^0 w rynnie spustowej żeliwiaka. Procent wsadzonej stali nie wpływa decydująco na procent węgla w żeliwie, ponieważ jak stwierdza dyr. Emmel[3]), można z namiaru 50% stali



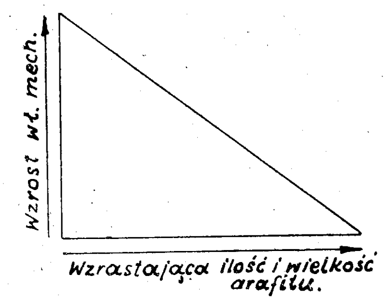
Rys. 20. Wytrzymałość żeliwa na rozerwanie w zależności od ilości grafitu w nim zawartego.

otrzymać węgla 3%, a z namiaru stali 70% — węgla w żeliwie 3,4%: wpływ doniosły mają: wysoka temperatura (co ustalił później Piwowarski), gatunek koksu, budowa żeliwiaka oraz, co może najważniejsze, ilość krzemu; tak np, przy Si 1% jest prawie

[1]) Giesserei-Zeitung 21/1926. [2]) Giesserei-Zeitung 16/1926. Giesserei-Zeitung 27/1929.

niemożliwem otrzymać poniżej 3% C, nawet przy 70% stali; podczas kiedy przy 1,8% Si i tylko 50% stali z łatwością schodzi się z węglem poniżej 3%. Naogół przestrzegana jest granica $C + Si \leqslant 5\%$, przyczem ilość krzemu wypada większa, niż w normalnem żeliwie, naskutek małej ilości węgla.

Dyr. Emmel metodę swego wynalazku stosował w zakładach Thyssenowskich, skąd nazwa Thyssen-Emmel.



Rys. 21. Wpływ ilości i wielkości kryształków grafitu na własności mechaniczne żeliwa.

Metodę tę charakteryzują duże ilości stali: 50 — 70%; duża uwaga poświęcona jest kwestji budowy i prowadzenia żeliwiaka. Węgiel waha się w granicach 2,5 — 3%, krzem od 2% do 2,7%, jest to więc żeliwo ubogie w węgiel, pozbawione płynności normalnego żeliwa, posiadające duży skurcz, co utrudnia w praktyce jego użycie. Zato żeliwo Thyssen-Emmelowskie nawet przy przejściach z cienkich w bardzo grube ścianki jest absolutnie pozbawione por i odznacza się jednolitością złomu, niezależnie od grubości ścianki odlewu.

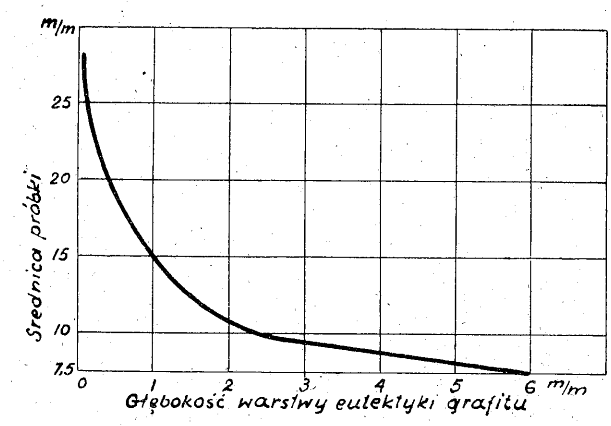
Podobna jest metoda Corsalliego, przy której stosuje się 70% stali i tylko 30% surówki; dla wzbogacenia żeliwa w brakujące ilości krzemu i manganu dodaje się t. zw. „EK" cegiełki, wyrabiane przez fabrykę Esslingen, zawierające te brakujące składniki, otoczone warstwą ochronną dla uniknięcia spalenie się wobec nadmiernej ilości powietrza; cegiełki „E K" są roztopione w specjalnym aparacie, ogrzewanym przez gazy wylotowe; roztopione materjały są podawane do pieca w okolicy dysz dla zmniejszenia możliwości stopienia się tychże materjałów. Dla utrzymania gorącego biegu pieca i powstrzymania rozkładu dwutlenku węgla, mającego miejsce w górnych warstwach pieca naskutek zetknięcia się gazów z rozżarzonym koksem, podług reakcji $2CO_2 \sim 2CO + O_2$, stosuje się w powyższej metodzie maczanie koksu topnego w mleku wapiennem, dzięki czemu koks dochodzi w stanie rozżarzonym do sfery całkowitego spalania, położenej wyżej dysz.

W ten sposób w rynnie spustowej otrzymuje się temperaturę powyżej 1500°; składem chemicznym żeliwo Corsalliego nie różni się od żeliwa Thyssen-Emmelowskiego; wytrzymałość na rozerwanie przekracza 35 kg/mm², dochodząc do 40 kg/mm²; są to wyniki lepsze, niż w metodzie Lanza; twardość: 210 — 220 j. Br. Podobnie Knipp dla swego żeliwa „Sternguss" dobiera węgla 2,6 — 28%, krzemu 1,9 — 2,2%, Mn 1 — 1,5%, osiągając również wytrzymałość na rozerwanie 35 — 40 kg/mm².

Następną metodą była metoda dr. Schützа, polegająca na wytwarzaniu się eutektyki grafitu, powstającej, dzięki stygnięciu w kokili żeliwa z dużą zawartością krzemu, powyżej 3% i normalną koło 3,5% ilością węgla; trzeba zaznaczyć, że nawet w odlewach z piasku występuje eutektyka grafitu w zewnętrznej warstwie przedmiotu, a więc tam, gdzie szybkość stygnięcia jest największa. Pomimo ferrytycznego tła, wytrzymałość na rozerwanie przekracza 35 kg/mm², twardość: 150 — 160 j. Br. Na metodzie Dr. Schütza, podług opinji Kligensteina oprze się dalszy rozwój żeliwa wysokowartościowego.

Dotychczasowe metody opierały się na żeliwiaku, który swym zaletom: niski rozchód paliwa, nieduże koszta inwestycyjne, dobre dostosowanie się do zmiennego zapotrzebowania, ciągłość produkcji, będzie zawdzięczał swe istnienie jeszcze czas dłuższy. Wady jego, to niemożliwość osiągnięcia wyższych temperatur, choćby kosztem większego zużycia koksu, i duży procent węgla w żeliwie (w normalnych warunkach).

Prace Piwowarskiego [1]) o dobroczynnym wpływie przegrzania na żeliwo były rewelacyjne; ustalił on na wszystkich gatunkach żeliwa, niezależnie od ilości krzemu, że z przegrzaniem następuje rozdrobnienie grafitu z grubowykrystalizowanego na drobny, eutektyczny. Doświadczenia, wykonane przez niego w tyglach przy temperaturze do 1650°, zostały potem potwierdzone w piecach elektrycznych i Wüsta. Piwowarski zaobserwował, że zależnie od temperatury przegrzania żeliwo o składzie 3,4% C; 2,4% Si; 0,13% Mn; 0,02% P i 0,075% S zastygało z różnym procentem grafitu; jak widać z rys. 23, związany węgiel rośnie, więc grafit maleje z podwyższaniem temperatury do temperatury krytycznej 1500°, poczem, po przekroczeniu tej temperatury, ilość związanego węgla spada. Długotrwałe żarzenie przy temperaturze poniżej krytycznej zwiększa ilość związanego węgla, rys. 25. Podług Hanemana, którego wyjaśnienia zostały naogół przychylnie przyjęte, na ostateczną budowę odlewu wpływa temperatura, do której żeliwo zostało zagrzane.



Rys. 22. Głębokości warstwy eutektyki grafitu przy danej średnicy próbki.

Jeżeli w tej najwyższej temperaturze istnieją jeszcze niezniszczone kryształy grafitu, to koło nich skupiają się wydzielające się następnie kryształy grafitu tak, że istniejące w cieczy kryształy stają się ośrodkami krystalizacji grafitu; w ten sposób otrzymujemy w odlewie grubowykrystalizowany grafit, a więc żeliwo o niskich własnościach mechanicz-

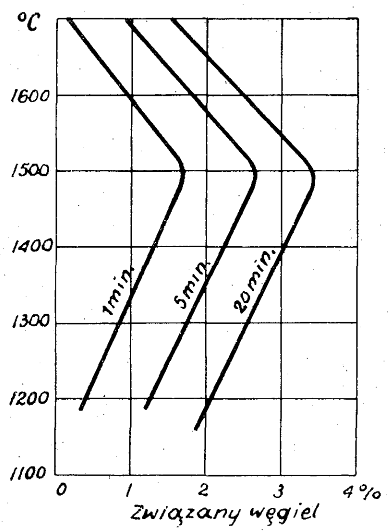
[1]) „Hochwertiger Grauguss".

nych. Jeżeli zaś przez przegrzanie przy temperaturze i czasie odpowiednim, zniszczymy te kryształy grafitu, ośrodki późniejszych skupień, to wydzielać się zaczną z cieczy kryształy roztworu grafitu w żelazie, paczem tworzy się eutektyka grafitu, obdarzona wysokiemi własnościami mechanicznemi.

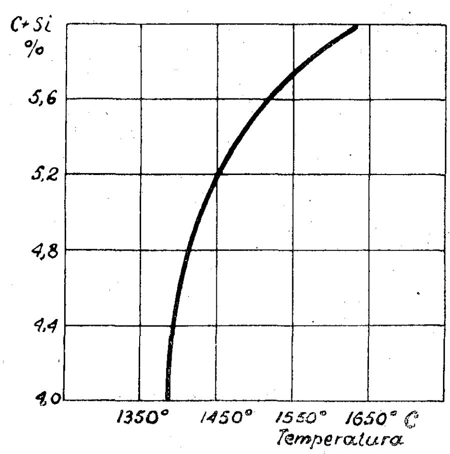
Perlit, tworzący tło zasadnicze, ma postać drobnych ziarenek, a nie płatków, jak w dotychczasowych metodach, co wpływa również korzystnie na podwyższenie własności mechanicznych. Piwowarski na zasadzie licznych prób ustalił, że najlepsze wyniki dają się osiągnąć po przekroczeniu temperatury krytycznej o 150 — 200°, fabryka Esslingen podaje nawet temperatury, przy których zależnie od C + *Si* % otrzymuje się eutektykę grafitu.

Temperatur, potrzebnych dla zniszczenia kryształów grafitu, w żeliwiaku otrzymać nie można; do praktycznego zastosowania doświadczeń Piwowarskiego zostały użyte piece Wüsta i elektryczny.

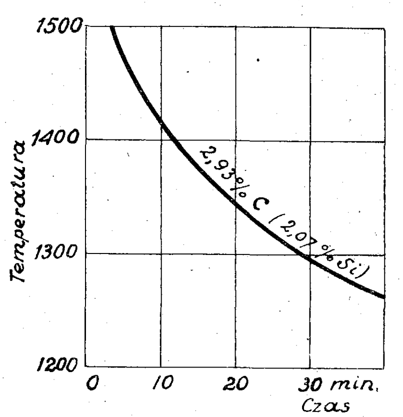
inny produkt ostateczny; przeciętnie dla stopienia tonny żeliwa w piecu elektrycznym potrzeba 600 — 800 Kwh; koszta stopienia więc będą parokrotnie większe, niż w żeliwiaku; oszczędzamy zato na materjale, ponieważ możemy dać wsad, prawie w 100% złożony z wiórów, druzgu i odcinków stali; można zresztą topić żeliwo normalnie, w żeliwiaku, a w piecu elektrycznym przeprowadzać tylko rafinację, co obciążyłoby tonnę żeliwa rozchodem 100 — 200 Kwh. Piec elektryczny, można powiedzieć z nieznaczną przesadą, z niczego wytwarza żeliwo wysokowartościowe, o wytrzymałości na rozerwanie przekraczającej 40 kg/mm². Jeszcze jednym plusem pieca elektrycznego jest pewność biegu, wykluczenie przypadkowości w otrzymywaniu ostatecznego produktu, co specjalnie zaznacza się w porównaniu z żeliwiakiem, gdzie przy najdokładniejszej kontroli biegu pieca nigdy nie możemy być pewni ostatecznego wyniku. Piec elektryczny na długo będzie idealnym piecem przy produkcji żeliwa wysokowartościowego.



Rys. 23. Wpływ temperatury przegrzania żeliwa na zawartość procentową grafitu.



Rys. 24. Wykres pomocniczy.



Rys. 25. Wpływ czasu żarzenia żeliwa na zwiększenie ilości związanego węgla w żeliwie (Piwowarski).

Piec Wüsta stosuje jako paliwo oleje ciężkie, pochodzące z destylacji węgla kamiennego; w zetknięciu się z płomieniem surówka, wsadzona oczywiście bez koksu z małym dodatkiem wapniaka, topi się i skupia w spodzie, ogrzewanym przez gazy; z jednej strony pieca usuwa się żeliwo, z drugiej — żużel; gazy odlotowe podgrzewają w podgrzewaczu powietrze; rozchód paliwa wynosi koło 13%; temperatura żeliwa dochodzi do 1600°, wytrzymałość na rozerwanie—35 kg/mm². Ilość węgla można regulować w dość szerokich granicach; ilość siarki, wobec nieużywania koksu, jest nieznaczna. Piec elektryczny znajduje dotychczas w odlewnictwie słabe zastosowanie wskutek wysokich kosztów inwestycyjnych i drożyzny prądu; korzyści jednak, które daje stosowanie go, a więc: łatwość otrzymywania wysokich temperatur, oraz ich regulacji, możność zredukowania ilości węgla, dalej rafinację żeliwa, dzięki możliwości przeprowadzenia odsiarczenia i odfosforzenia, zmuszają nieraz do pominięcia względów, ściśle kalkulacyjnych. Trudno jest jednak przeprowadzić ściśle porównanie kosztów instalacji i prowadzenie żeliwiaka i pieca elektrycznego, skoro każdy z nich daje zupełnie

Na zakończenie, należy wspomnieć o metodzie podnoszenia własności mechanicznych żeliwa w drodze dodania uszlachetniających składników, głównie chromu i niklu. Chrom sprzyja powstawaniu cementytu, a więc wzrostowi twardości żeliwa; nikiel sprzyja powstawaniu drobnoziarnistego złomu, a więc wzrostowi własności mechanicznych; nie należy przeceniać wpływu obu składników, ponieważ dotychczasowe metody dały dużo lepsze wyniki.

Reasumując, prace nad uszlachetnieniem żeliwa poszły w dwóch kierunkach: 1) ulepszenie tła tak, aby otrzymywać tylko perlit, na drodze regulowania składu chemicznego i szybkości stygnięcia, 2) zredukowanie grafitu przez stosowanie dużych ilości stali i rozdrobnienia jego kryształów, dzięki przegrzewaniu żeliwa. Wyniki dotyczasowe, jeżeli weźmiemy pod uwagę 3 gatunki żeliwa: 1) zwykłe, maszynowe, 2) cylindrowe, 3) perlityczne; porównamy własności mechaniczne każdego z gatunków, przyczem za każdym razem własności mechaniczne zwykłego żeliwa oznaczymy przez 1, to średnio dla pozostałych gatunków otrzymamy co następuje:

MATERJAŁ	σ_r	σ_g	Przegięcie	h_{Br}	Odporność na uderzenie
żel. zwykłe	1	1	1	1	1
„ cylindrowe	1,47	1,47	1,29	1,18	1,50
„ perlityczne	1,93	1,78	1,70	1,28	2,14

Aczkolwiek o wielu z tych metod panuje przekonanie, że ich zasady są własnością ogółu, to jednak trzeba podkreślić, że wiele szczegółów jest jeszcze nieznanych, ponieważ firmy, stosujące powyższe metody, strzegąc swych wynalazków, otaczają się tajemniczością.

Przyszłość leży, zdaje się, w eutektyce grafitu, przy zwróceniu większej uwagi kwestji odsiarczenia.

Na tle imponującego rozwoju produkcji żeliwa wysokowartościowego w Niemczech, uderzyć nas musi zupełny prawie brak zainteresowania tą kwestją w Polsce. Niema u nas silnie rozwiniętego przemysłu maszynowego, który byłby odbiorcą odlewów żeliwa wysokowartościowego i który byłby zainteresowany w powstawaniu i u nas tego działu produkcji; dlatego też widoki powstania rozwoju żeliwa wysokowartościowego u nas przedstawiają się niepomyślnie. Narazie możemy się pocieszać że i w innych krajach Europy kwestja ta stoi nie lepiej, tymczasem u nas winna być ona przedmiotem żywszego zainteresowania, między innemi i ze względów obrony państwa (produkcja skorup granatów).

Targi Lipskie w r. 1930.

Treść: Znaczenie targów. Cechy ogólne obrabiarek wystawionych. Stosowanie napędu elektrycznego i zalety. Napęd hydrauliczny. Toczenie nożem djamentowym. Rewolwerówki, automaty i półautomaty. Obrabiarki do kół zębatych. Szlifierki. Strugarki.

Nap. inż. T. Wichert.

Tegoroczna wystawa przemysłu obrabiarkowego na Targach Lipskich uderza ogromem włożonego wysiłków pod względem pracy, a więc i kosztów. Zdawałoby się na pierwszy rzut oka, że przy powszechnie panujących hasłach pracy wydajnej, urządzanie podobnych perjodycznych wystaw nie jest racjonalne, jednak wysiłek ten jest uważany przez przemysłowców niemieckich za konieczny, ponieważ kraj tak uprzemysłowiony jak Niemcy i to w czasach zastoju (zakłady przemysłowe niemieckie pracują z 25% obciążeniem), może zwiększyć zbyt produkcji. Takie perjodyczne wystawy dają odpowiednią reklamę oraz zmuszają wystawców do ciągłego wysiłku nad ulepszaniem swoich wyrobów. Tegoroczne więc targi dają nam obraz wytwórczości niemieckiej w tym kierunku.

Wystawione obrabiarki mają charakter obrabiarek silnych i w wysokim stopniu sztywnych, a więc pozwalających na lepsze ich wyzyskanie przy zastosowaniu najlepszych narzędzi. Jednocześnie zwrócona jest uwaga na dokładne wykonanie samej obrabiarki, jak również na dokładność wykonywanych na niej przedmiotów. Następnie rzuca się w oczy tendencja do wytwarzania obrabiarek do celów specjalnych, zanika zaś produkcja maszyn uniwersalnych. Przeważnie do napędu obrabiarek zastosowuje się zamiast przystawek, motory elektryczne z odpowiedniemi kołnierzami pozwalającymi do wbudowanie motorów do korpusów. Widać z powyższego, że niemieckie fabryki motorów elektrycznych pracują w porozumieniu z wytwórniami obrabiarek. Zastosowanie motorów elektrycznych do napędu nie tylko poszczególnych obrabiarek, ale nawet specjalnych motorów do poszczególnych posuwów spowodowało w wysokim stopniu uproszczenie mechanizmów. Nowością, którą niemieckie wytwórnie skwapliwie starają się stosować, są napędy hydrauliczne. Napędy te jeszcze w większym stopniu upraszczają mechanizmy napędowe, oraz pozwalają na szybką zmianę ilości obrotów stopniowo od 0 do żądanej ilości. Agregaty takie wystawiły Magdeburger Werkzeugmaschinenfabrik A. G. Stuttgart pod nazwą „Ener". Firmy budujące powyższe agregaty utrzymują, że strata przy tych mechanizmach jest mniejsza niż przy kołach zębatych dokładnego spółczynnika jednak sprawności tych mechanizmów żadna firma nie podaje. O ile agregaty te w praktyce okażą się odpowiednie pod względem sprawności oraz trwałości i kosztu, mogą uczynić wielki przewrót nietylko w budowie obrabiarek, ale także i innych urządzeń mechanicznych. Agregaty powyższe składają się z dwóch kół na których obwodzie umieszczone są walce z tłokami; jedno koło służy za pompę, która jest napędzana stałą ilością obrotów, drugie służy, jako motor, oddający moc z dowolną ilością obrotów. Jako ciecz przepływająca między pompą a motorem służy olej. Zmianę ilości obrotów uskutecznia się zapomocą zmiany położenia prowadnic dla tłoków.

Przy strugarkach i szlifierkach wiele firm stosuje do napędu stołów walce hydrauliczne. Napędy te spowodowały nie tylko uproszczenie konstrukcji napędowej, ale jednocześnie równomierniejszy bieg stołu roboczego. Przy napędach pasowych, które jednak są bardzo rzadko stosowane, używane są pasy parciane nasycane gumą, o jednej szerokości lecz ze zmienną ilością pasów ułożonych w odpowiednich rowkach kół napędowych. Pasy takie wystawiła firma Roderwald-Getederkeil-Antrieb podobno dające efekt 98,5% i pozwalające na umieszczenie kół napędzanych w b. nieznacznej odległości bez stosowania rolek naprężających.

W wielu wystawionych obrabiarkach wbudowane są aparaty pomiarowe do ilości obrotów, prędkości skrawania, zużytej mocy, oraz czujniki do sprawdzania dokładności, tak prowadnic, jak wykonywanego przedmiotu. Szafowanie aparatami pomiarowemi, uważam jednak za zbyteczne podrażanie obrabiarek.

Daje się zauważyć tendencja do zwiększania szybkości skrawania przez stosowanie noży ze specjalnych materjałów, jak np. djamentów. Toczenie przy pomocy djamentu daje powierzchnię tak gładką, że nie potrzeba już szlifować toczonego przedmiotu.

Specjalnie również zwrócona jest uwaga na rozbudowę obrabiarek specjalnych, jak rewolwerówek,

półautomatów i automatów. Firma Pittler Werkzeugmaschinenfabrik Leipzig wystawiła rewolwerówki i automaty z napędem elektrycznym i rozrusznikiem elektrycznym. Automaty pięciowrzecionowe z pneumatycznemi uchwytami materjału. Również firma Hasse & Wrede Berlin automaty czterowrzecionowe z uchwytami pneumatycznemi. Firma Hahn & Kolb, Stuttgart, wystawiła swoje automaty Index od najmniejszego typu dla materjału od 12—18 mm ⌀ do największego typu od 24—36 mm ⌀ materjału.

Firma Magdeburger Werkzeugmaschinenfabrik wystawiła swoją tokarkę i rewolwerówkę z wbudowanym napędem hydraulicznym Lauf-Thoma-Getriebe. Obrabiarki powyższe są zbudowane na normalną prędkość roboczą 100 mt/m z dokładnością do 0,01 mm. Firmy Schiess-Defries i Niles wystawiły karuzelówki z rewolwerowymi kłami. Pozatem wiele firm wystawiło tokarki mniejszego typu precyzyjne G. Kärger A. G. Berlin, G. Boley Esslingen, Ferd. Weipert Heilbronn i t. d.

Co się tyczy wiertarek, to głównym jej wytwórcą jest firma Raboma Maschinenfabrik Berlin, która wystawiła na tegorocznych targach rozmaitej wielkości wiertarki radjalne, w których to typach wytwórnia powyższa się już dokładnie wyspecjalizowała. Wiertarki te obsługiwane są przez kilka motorów elektrycznych i zaopatrzone w rozrusznik guzikowy. Podobne typy wiertarek budowane są przez firmę Franz Braun A. G. Zerbst z podobnym napędem jak u wiertarek Raboma lecz ze stołem z uchwytem magnetycznym. Pozatem wiele firm wystawiło wiertarki średniego i mniejszego typu, wszystkie jednak z napędami od motorów elektrycznych wbudowanych do obrabiarek. Firma L. Loewe & Co. Berlin wystawiła wiertarki mniejszego typu jednowrzecionowe i wielowrzecionowe, jako szybkobieżne. Wiertarki firmy Heyligen-Stadt & Comp. A. G. Giessen typu wielowrzecionowe z motorami osobnemi dla każdego wrzeciona, jako szybkobieżne.

Dość silnie reprezentowane na tegorocznych targach były frezarki i to przez tak poważne firmy jak: Wanderer-Werke A. G. Chemnitz, J. E. Reinecker A. G. Chemnitz-Gablenz, Sächsische Fräsmaschinenfabrik G. m. b. Chemitz, Ludw. Loewe & Co. Berlin, Alfred Schütte Köln-Deutz i t. p. Wystawione frezarki były z wrzecionami poziomymi spotykało się bardzo mały procent frezarek uniwersalnych. Wiele firm wystawiło frezarki obwiednie do frezowania kół zębatych. Jako nowość wystawiła firma W. Ferd, Klingelnberg Söhne, Remscheid automat do frezowania kół zębatych stożkowych systemem obwiednim zapomocą frezów stożkowych ślimakowych. Wykonane na powyższym automacie koła zębate stożkowe o zarysie śrubowym odpowiadają wszelkim warunkom dokładnego wykonania.

Otrzymywać można w ten sposób zespoły kół zębatych stożkowych z osiami nie leżącemi w jednej płaszczyźnie. Powyższa firma wystawiła jeszcze aparaty do docierania zespołów kół zębatych stożkowych, oraz aparat do hartowania kół zębatych stożkowych, zabezpieczający przed deformacją podczas hartowania.

Najwięcej był może reprezentowany dział szlifierek i to rozmaitego typu i do rozmaitych celów. Typową szlifierkę do szlifowania okrągłych przedmiotów najnowszej konstrukcji wystawiła firma Ludw. Leowe Berlin. Całkowita konstrukcja robi wrażenie b. ciężkiej a więc i sztywnej maszyny z napędem stołu przy pomocy walców hydraulicznych. Napęd uskutecznia się przy pomocy motoru elektrycznego wbudowanego do obrabiarki. Szlifowanie odbywa się przy pomocy tarczy szlifierskiej o stosunkowo dość dużej średnicy (około 800 m ⌀) Firma Fortuna — Werke A. G. Stuttgart-Canstatt wystawiła podobną szlifierkę do wałków. Firma Naxos Union Frankfurt a. M. demostrowała szlifierkę z wrzecionem pionowem typu b. ciężkiego wagi około 28.000 kg. z motorami do napędu ogólnej mocy około 70 K. M. Szlifierkę do obróbki łóż obrabiarek wystawiła firma Billeter & Kunz A. G. Ascherleben. Szlifierka ta posiada aż trzy wrzeciona robocze. Firma Friedrich Schmaltz G. m. b. H. Offenbach wystawiła cały szereg szlifierek z napędem przy pomocy specjalnych motorów elektrycznych, co spowodowało daleko idące uproszczenia w konstrukcjach. Oprócz wyżej wymienionych firm, wiele innych wystawiło cały szereg szlifierek specjalnych do szlifowania noży, gwintowników, wierteł, pił cyrkularnych, które pod względem konstrukcyjnym nie przedstawiają nic nowego. Fabryki, wyrabiające narzędzia b. często budują specjalne szlifierki dla swoich celów jak np. Fr. Werner Berlin, którą raczej można zaliczyć do półautomatów, pracuje bowiem samoczynnie dotąd, aż dane narzędzie będzie zaszlifowane na potrzebny wymiar.

Dział strugarek stołowych był reprezentowany przez firmy: Billeter & Kuntz A. G. Aschersleben i Waldrich G. m. b. H. Siegen, oba typy strugarek były napędzane motorami elektrycznemi, zaś stoły przy pomocy walców hydralicznych. Nowy typ strugarki poprzecznej z napędem hydraulicznym typu „System D. R. P. Sturm", wystawiony był przez firmę Lange & Geilen Halle.

Obrabiarki do drzewa nie przedstawiały żadnych nadzwyczajnych nowości, były to przeważnie stare konstrukcje typowe. Głównym wystawcą była firma Kirchner & Co. A. G. Leipzig, która wystawiła cały szereg typowych obrabiarek.

Znamienną cechą Targów Lipskich w bieżącym roku jest wysoki procent wystawców, który rekrutował się z wytwórców narzędzi, jak: wierteł, frezów rozwiertaków, gwintowników, narzynek do gwintownic, głowic gwinciarskich oraz narzędzi mierniczych. Wobec wielkiej konkurencji, firmy te muszą się doskonalić w stałem ulepszaniu wykonywanych narzędzi. Między wystawcami narzędzi widać takie firmy jak Lud. Leowe, R. Stock, Richard Weber & Co., F. Wagner i t. p. Narzędzia pomiarowe wystawia Carl Zeiss, Alig & Baumgärtel, F. Werner i inni. Daje się zauważyć dość duży popyt na narzędzia miernicze.

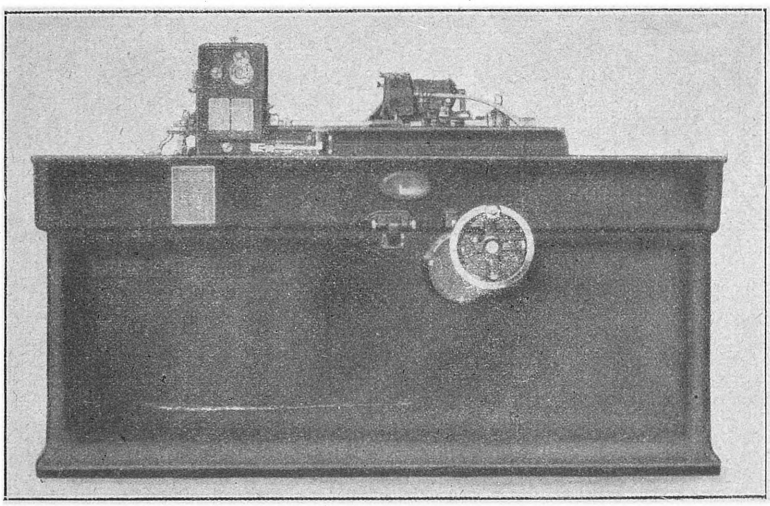
Pomimo tak wielostronnego postępu w produkcji obrabiarek i narzędzi odczuwa się wielki brak zapotrzebowań na te wyroby. Przy zwiedzaniu w Lipsku fabryki Pittlera oraz w Berlinie Richarda Webera, Hasse Wrede i Fritz Wernera dało się zauważyć że około 25% stanowisk w tych zakładach jest w ruchu, pozostałe 75% od dłuższego czasu jest nieczynne. Jak widać z napisów na wykonywanych obrabiarkach oraz na opakowaniach, produkuje się obecnie tylko na wywóz do Rosji i to przeważnie konstrukcje starsze. Urządzenia zwiedzanych fabryk nie odznaczają się zbyt nowoczesnemi jednostkami, jedynie dobrej organizacji zawdzięczać można tak wielkie postępy przy wyrobie obrabiarek i narzędzi.

Szlifowanie i docieranie gwintów.

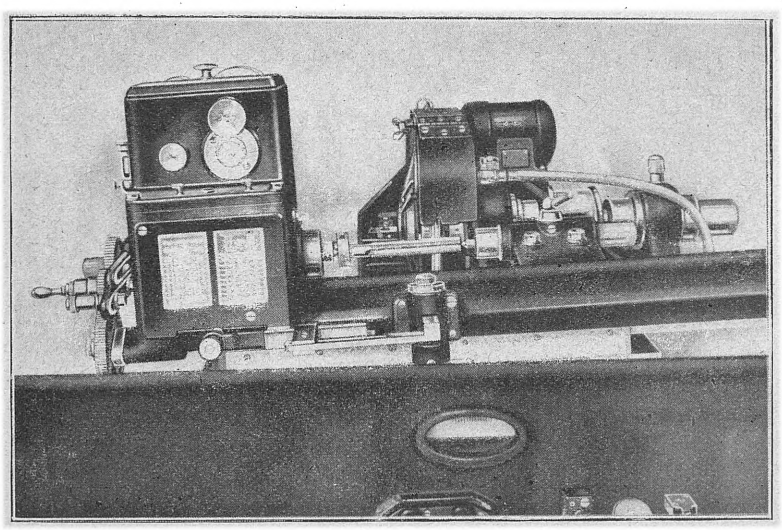
Nap. inż. E. Pietraszkiewicz.

Treść: Konieczność szlifowania gwintów. Szlifierka do gwintów Herbert Lindner. Tarcza szlifierska. Szlifierka Société Genevoise. Docieranie gwintów.

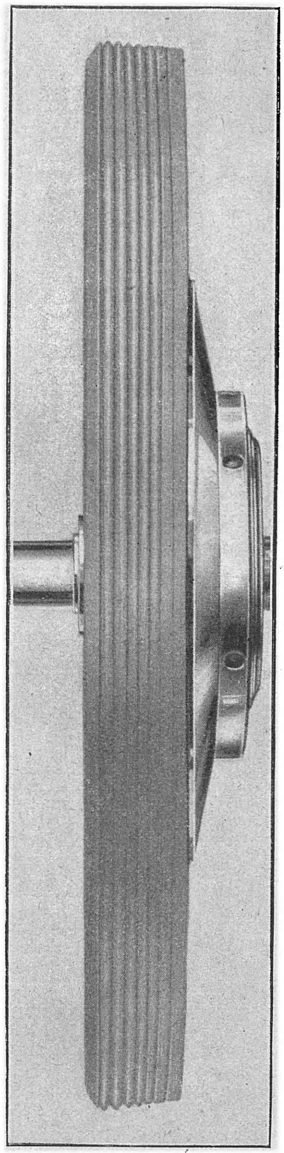
1. *Konieczność szlifowania gwintów* występuje w pierwszej mierze przy obróbce śrub, wymagających dokładnego wykończenia, np. śruby wzorcowe sprawdziany do gwintów, a następnie gwintowniki, oraz frezy ślimakowe. Przedmioty te wykonane są ze stali narzędziowej i będąc po nagwintowaniu zahartowane, doznają skurczu, który wypacza kształt daje możności zdejmowania grubszych warstw materjału, wobec czego nie może mieć szerszego zastosowania. O wiele skuteczniejsze jest szlifowanie przy użyciu specjalnej szlifierki do gwintów, w której przesuwanie tarczy względem przedmiotu obrabianego uskutecznia się zapomocą śruby pociągowej o dokładnym skoku, jak to ma miejsce



Rys. 1. Szlifierka do gwintów firmy Herbert Lindner.



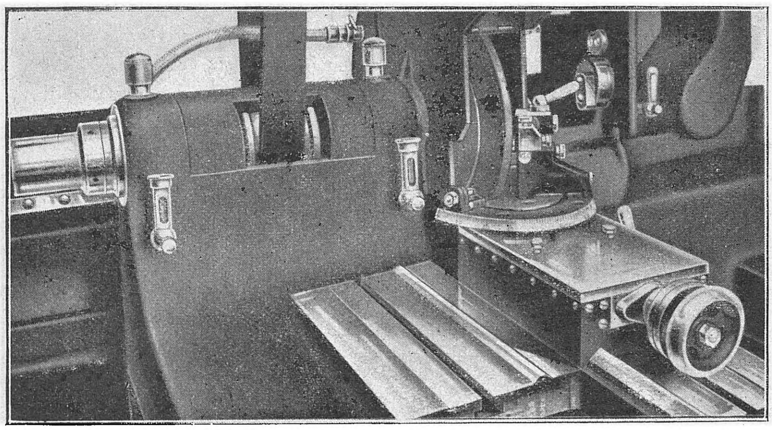
Rys. 2. Szlifierka do gwintów firmy Herbert Lindner. Szlifowanie gwintownika do narzynek.



Rys. 3. Tarcza szlifierska rowkowana.

nadany obróbką przedwstępną. Wyraża się to przedewszystkiem w naruszaniu stałej wartości skoku, a następnie w zwichrowaniu powiechrzni śrubowej, która staje się niewspółśrodkową z osią gwintu. Wyrównanie tego rodzaju zniekształceń może być uzyskane drogą docierania, o którem będzie mowa poniżej. Docieranie stanowi zabieg powolny i nie w tokarkach. Szlifowanie gwintów może być nietylko skutecznym sposobem wykańczania, lecz w pewnych wypadkach — służyć jako ekonomiczny sposób nacinania gwintów na materjale pełnym. Zabiegi związanie z przedwstępnym gwintowaniem przy pomocy noża tokarskiego nie zawsze się opłacają. Przywracanie kształtu stępionym nożom zwią-

zane jest z postojem maszyny. W szlifierkach do gwintu profilowanie tarczy odbywa się jednocześnie ze szlifowaniem, to też nacinanie drobnych gwintów na materjale pełnym staje się częstokroć ekonomiczniejsze. Gdy gwintowanie rozpowszechnia się na znaczną długość, powstać może tak wielki skurcz, że wartość obróbki przedwstępnej



Rys. 4. Urządzenie do profilowania tarcz szlifierskich.

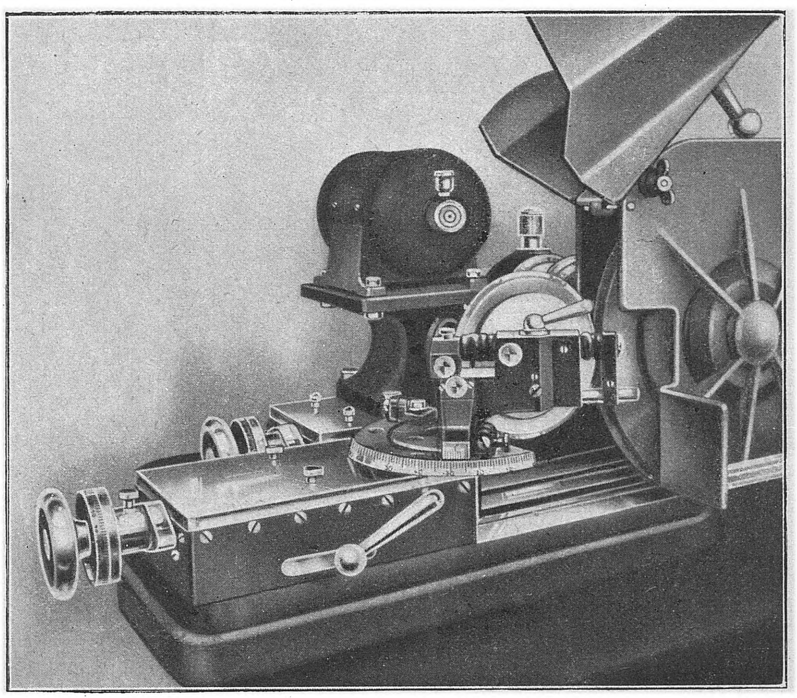
staje się iluzoryczną. W gwintownikach ze stali szybkotnącej ostre brzegi gwintu topią się podczas hartowania, w tym wypadku obróbka przedwstępna może być szkodliwą. Przy obróbce materjałów posiadających wysoką wartość naturalną, jak np. stale chromowo-manganowe lub wysokoprocentowa stal chromowa, nacinanie gwintu możliwe jest tylko na szlifierce. Największe zastosowanie posiadają dwie szlifierki do gwintów, z których jedna, budowana przez fabrykę Herbert Lindner w Berlinie, może być użyta do gwintowania na materjale pełnym. Dając dobre wyniki przy obróbce gwintowników, frezów ślimakowych lub frezów do gwintów, nie może być użyta do wykańczania gwintów o wysokich tolerancjach np. sprawdzianów do gwintów lub śrub wzorcowych. Do wykańczania tych przedmiotów używana jest szlifierka, budowana przez fabrykę Société Genevoise. Daje ona wyższą dokładność wykończenia, niż szlifierka Herbert Lindner, jednak nie może być używana do gwintowania na materjale pełnym.

1. *Szifierka do gwintów Herbert Lindner* (rys. 1 i 2) posiada budowę następującą: ruch roboczy wykonuje obracająca się tarcza szlifierska osadzona na wałku w nieruchomych łożyskach. Gwintowany przedmiot osadzony na kłach otrzymuje oprócz ruchu obrotowego posuw wzdłużosiowy zapomocą śruby pociągowej obracanej, od przekładni zmianowych. Jak wykazało doświadczenie, śruba pociągowa, będąc poręczniejszą w użyciu niż śruba szablonowa, daje lepsze wyniki pod względem dokładności. Śruba szablonowa musi być zmieniana przy każdej zmianie skoku nacinanych gwintów. Wymaga to przedewszystkiem dużego kompletu śrub, poza tem częste zmiany powodujące łatwo uszkodzenia, gdy nie zostały zachowane należyte środki ostrożności. Zmiana przekładni nie wymaga tak ostrożnego obchodzenia, dając możność uzyskania dokładności do 10. Szlifowanie odbywa się na zasadzie ukośnie ustawionej krawędzi. Oś tarczy szlifierskiej i oś śruby krzyżują się pod kątem, którego wielkość wynosi kąt pochylenia nośnej linji śrubowej szlifowanego gwintu. W tym celu stół szlifierki jest odchylny i może być ustawiony pod kątem, którego wielkość odmierza się na podziałce kątowej.

Opisywana szlifierka może służyć do zaszlifowania gwintów na gwintownikach. Stół może otrzymywać ruch wahliwy naokoło osi, równoległej do osi gwintu nacinanego. Okresy wahań zależą od ilości rowków na gwintowniku. Uzyskanie odpowiednich okresów uskutecznia się zapomocą mechanizmu, mieszczącego się w skrzynce biegów.

3. *Tarcza szlifierska.* Nacinanie gwintu na pełnym materjale odbywa się przy pomocy tarcz pojedyńczych lub rowkowych (rys. 3). Rowkowana tarcza posiada tę przewagę, że pracuje intensywniej na podobieństwo noża grzebieniowego ze ściętemi ukośnie krawędziami.

Do profilowania tarcz służy przyrząd składający się z dwóch trzymaków z osadzonemi djamentami. Przyrząd mieści się na saniach (rys. 4), posuwanych w kierunku prostopadłym do osi tarczy. Gdy ostrzymy tarczę do gwintów trójkątnych, jeden z djamentów służy do profilowania boków, dru-

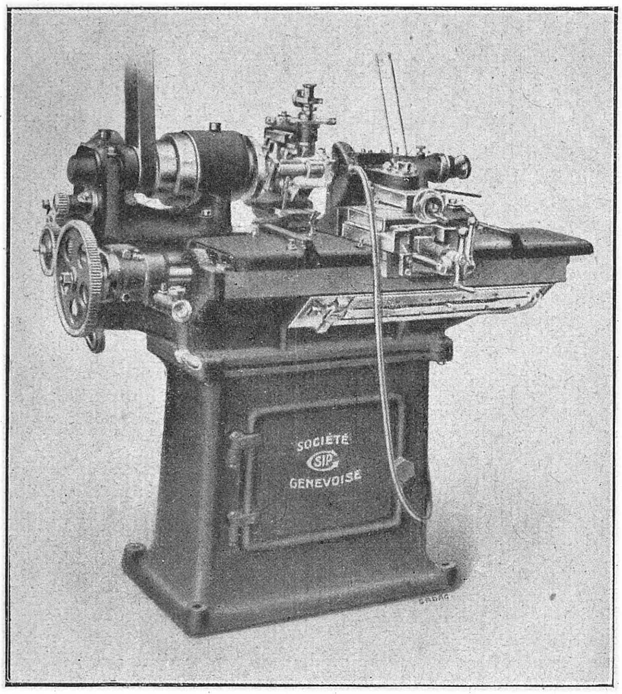


Rys. 5. Urządzenie do wykonywania wewnętrznych zaokrągleń na tarczy szlifierskiej do szlifowania gwintów.

gi do zaokrąglenia brzegów. Przebieg jest następujący. Dosuwamy górny djament do obracającej się tarczy, posiłkując się śrubą mikrometryczną. Po zaszlifowaniu jednego boku pokręcamy trzymak naokoło osi pionowej i dosuwamy go do drugiej strony. Kąt jaki tworzyć winny obydwie powierzchnie sprawdza się na podziałce kątowej. W trakcie

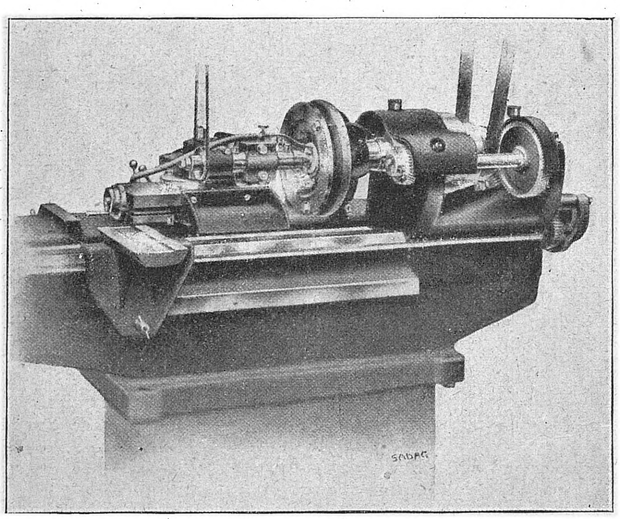
obracania przyrządu drugi djament zaokrągla brzeg tarczy. Dla ułatwienia ustawień z obydwóch stron trzymaka obrotowego mieszczą się zderzaki ograniczającego jego obrót.

Zaokrąglony brzeg tarczy służy do nadania gwintowi zaokrąglenia wewnętrznego czyli rdzeniowego.



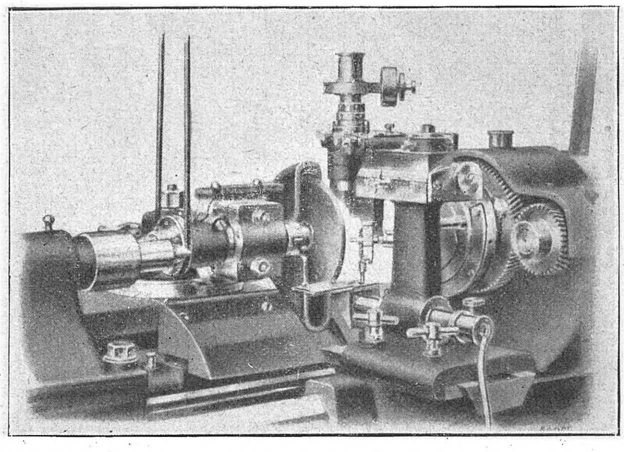
Rys. 6. Szlifierka do gwintów firmy Société Genevoise.

Trudniejszy cokolwiek zabieg stanowi nadanie tarczy wklęsłych zaokrągleń, które służą do zewnętrznego zaokrąglenia gwintów. Większe zaokrąglenia wklęsłe mogą być na tarczy wykonane przy pomocy djamentu kształtowego. Jednak przygotowanie



Rys. 7. Szlifowanie gwintu wewnętrznego.

tego djamentu stanowi zabieg kosztowny, a dla drobnych gwintów wręcz niemożliwy. O wiele poręczniejsze jest użycie tarczy pomocniczej, posiadającej zaokrąglenie wypukłe, wykonane zapomocą dwóch djamentów sposobem wyżej opisanym. Tarcza robocza osadzona jest na swoim wrzecionie (rys. 5) i wprawia się w powolny ruch obrotowy. Tarcza pomocnicza osadza się na wrzecionie specjalnego przyrządu i wprawia się w szybki ruch obrotowy od dodatkowego motorku elektrycznego. W ten sposób zaokrąglenie wklęsłe otrzymuje się sposobem odwzorcowania zaokrąglenia tarczy po-

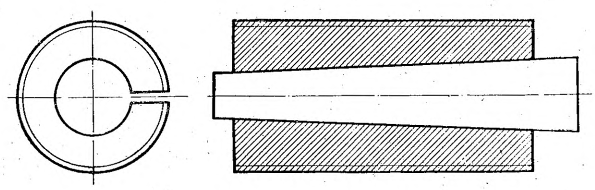


Rys. 8. Urządzenie do profilowania tarczy szlifierskiej.

mocniczej przy takim samym ustosunkowaniu ruchów, jakie ma miejsce w szlifowaniu okrągłem.

4. Liczne ruchy do których przystosowany jest stół opisanej szlifierki oraz duże obciążenia jakie zachodzą w trakcie szlifowania na materjale pełnym powodują komplikację budowy, skutkiem czego szlifierka ta nie pozwala na uzyskanie bardzo wysokiej dokładności wykończenia. Gwinty o wysokich tolerancjach wykańczane są na szlifierce budowanej przez szwajcarską fabrykę Société Genevoise (rys. 6, 7, 8). Szlifierka ta posiada takież same ustosunkowanie ruchów, jakie widzimy w zwykłych tokarkach pociągowych. Osadzona na kłach śruba otrzymuje tylko ruch obrotowy. Tarcza szlifierska mieści się na suporcie, który posiada dwa prostopadłe do siebie przesuwy: jeden podłużny od śruby pociągowej obracanej od przekładni zmianowej i drugi poprzeczny. Podzielenie ruchów daje tej szlifierce przewagę pod względem dokładności.

Ukośne ustawienie tarczy odbywa się drogą pokręcenia jej wraz z wrzecionem i łożyskami naokoło osi prostopadłej do wrzeciona. Zasada profilowania jest ta sama jaka była podana w szlifierce Herbert Lindner.



Rys. 9. Docieraki do gwintu wewnętrznego.

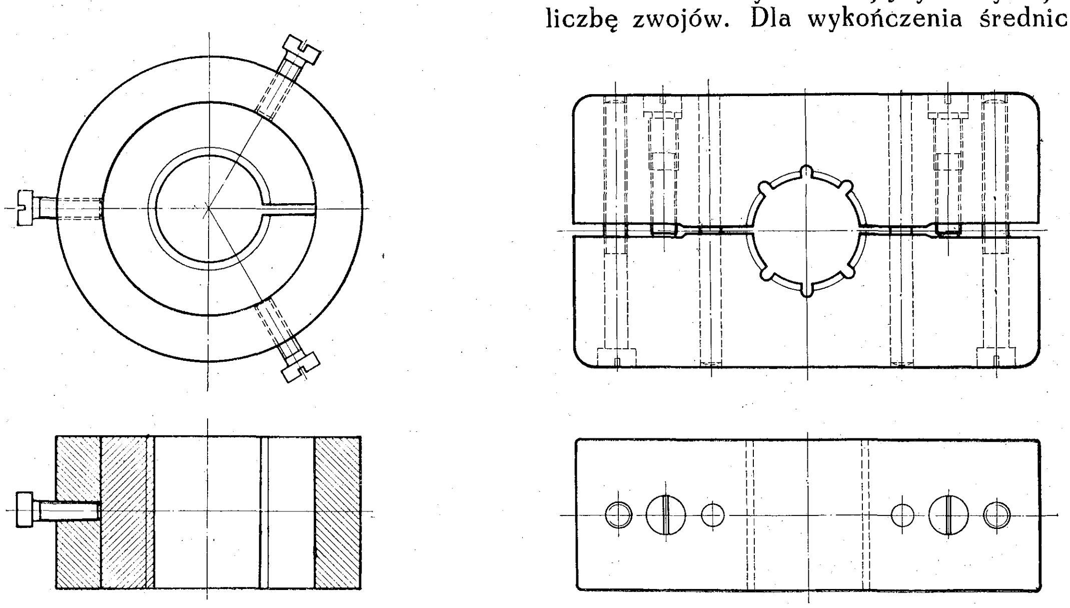
Przyrząd optyczny służy do sprawdzenia profilu tarczy.

5. *Docieranie gwintów*. Dla docierania gwintów służą narzędzia pokazane na rys. 9, 10 i 11, posiadające kształt śruby lub nakrętki zależnie od gwintu wewnętrznego czy zewnętrznego, do jakiego

są przeznaczone. Docieranie odbywa się przy udziale tłuszczu i proszku szlifierskiego. Docieraki są przekrojone i w miarę wyrabiania rozpierane lub ściskane przez co zmieniają swe średnice. Dla zgrubszego docierania gwintów używane są docieraki z żeliwa miękkiego. Dla wykańczania używa się miedź lub stal maszynowa, gdyż żeliwo pęka lub wyrabia się na ostrzach. Wykonanie docieraków musi być dokładne, gdyż docierane przedmioty nie mogą otrzymać większej dokładności niż same narzędzia. Gwint docieranego przedmiotu i docieraka należy wykonać na jednej śrubie pociągowej, względnie na różnych, lecz nie wykazujących dostrzegalnych różnic skoku. Niedopuszczalne jest nacinanie docieraków na śrubach o przerywanym gwincie.

Docierak wykańczający otrzymuje niewielką liczbę zwojów. Dla wykończenia średnic: rdzeniowej, nośnej i zewnętrznej potrzebne są osobne docieraki. Dla docierania gwintów służą docierarki, mające prawy i lewy bieg wrzeciona.

Zmiana kierunku biegu uskutecznia się zapomocą nawrotnicy pasowej zaopatrzonej w sprzęgło cierne.



Rys. 10 i 11. Docieraki do gwintu zewnętrznego.

POWLEKANIE METALI.

Werniksowanie.

Jednym z dość szeroko rozpowszechnionych środków zabezpieczenia stali i żelaza przed rdzewieniem jest werniksowanie i lakierowanie tych metali. Werniks (rodzaj pokostu) jest, obok farb, jednym z najczęściej używanych środków do pokrywania przedmiotów z blachy żelaznej, lub też innych części maszyn, narażonych na działanie wilgoci atmosferycznej, wreszcie tych, które muszą być często czyszczone i myte, jako to: nadwozia lub błotniki samochodowe, koła i t. p.

Werniksy używane były początkowo tylko do pokrywania przedmiotów drewnianych. Pod względem własności można je umieścić pomiędzy farbami a lakierami. Są one bowiem odporniejsze na uderzenia i ścieranie się, niż farby a jednocześnie posiadają większą elastyczność niż lakiery i emalje.

Zasadniczo można podzielić wszystkie werniksy na trzy grupy, mianowicie werniksy: 1) tłuste, 2) na terpentynie, 3) na alkoholu.

Werniksy tłuste. Podstawową częścią składową werniksów tłustych jest olej lniany, lub też inny jakiś olej roślinny. W oleju takim rozpuszcza się gumę, bądź żywicę, przyczem do werniksów zwykłych dodaje się jeszcze odpadków pozostałych przy wyrobie stearyny, zaś do werniksów czarnych, zwanych japońskiemi, asfaltu lub smoły ziemnej.

Olej lniany spełnia rolę środka osuszającego, przyczem własności osuszających nabiera olej ten po ogrzewaniu go przez pewien czas w temperaturze od 150° do 300° C. W ten sposób przygotowany olej staje się mniej, lub więcej ciastowatym i jako składnik werniksu nadaje mu odpowiednie własności.

Celem zwiększenia szybkości schnięcia oleju lnianego można dodać do niego tlenku ołowiu, lub lepiej nawet tlenków magnezu.

Przygotowanie werniksu tłustego składa się z trzech czynności: roztopienie gumy, dodanie do niej oleju lnianego, ogrzanego do temperatury około 150° C i wreszcie, po wymieszaniu tych dwóch składników, dodanie terpentyny w ilości takiej, aby otrzymać żądaną gęstość werniksu.

Olej lniany, używany do wyrobu werniksów tłustych nie powinien być świeży, lecz posiadać conajmniej kilka miesięcy. Werniks, stojąc dłuższy czas w naczyniu klaruje się, przez co polepszają się jego własności. Filtrowanie, lub też inne sztuczne środki nie dają dobrych rezultatów. Należy zwracać baczną uwagę, aby werniksy przechowywać w umiarkowanej temperaturze.

Podczas pokrywania powierzchni jakimkolwiek werniksem, składnik nadający płynność, w danym wypadku terpentyna, ulatnia się, powodując tem samem twardnienie pokrywającej metal warstwy. Schnięcie werniksu trwa zwykle kilka godzin, rzadziej dwa do trzech dni, zależnie od stanu wilgotności i temperatury otoczenia. Ostateczne jednak stwardnienie werniksu następuje zwykle po znacznie dłuższym czasie.

Wady werniksów mogą być spowodowane, albo nadmiarem zawartości terpentyny, wtedy warstwa werniksu, pokrywająca metal jest zbyt cienka i nie chroni dostatecznie powierzchni, która w tym wypadku nie ma połysku, albo gdy pokrywana powierzchnia metalu raz już była werniksowana i nie wyschła dostatecznie, albo wreszcie, gdy werniks zawiera zamało terpentyny, warstwa jego schnie szybko, ale tylko na powierzchni, zaś wgłębi schnięcie postępuje wolniej i wskutek tego werniks się marszczy.

Marszczenie się powierzchni wernisku może zajść również i w wypadku, gdy metal pokryty jest zbyt grubą jego warstwą.

Wystarczająca trwałość i elastyczność werniksu zależy przedewszystkiem od odpowiedniej ilości oleju lnianego, a pozatem od ilości zawartej w werniksie gumy.

Istnieje bardzo wiele gatunków werniksów tłustych, które różnią się między sobą składem chemicznym.

Werniks Japoński. Wyrób jego jest bardzo trudny i nie zawsze można otrzymać go w odpowiednim stanie. Skład jego jest następujący:

Guma w stanie stałym	25
Smoła ziemna	9
Olej lniany	17
Terpentyna	49

Ten rodzaj werniksu staje się suchy w niskiej temperaturze już po kilku godzinach. Często bardzo przedmiot pokryty werniksem japońskim, pokrywa się jeszcze innym rodzajem werniksu w celu otrzymania gładkiej i błyszczącej powierzchni.

Werniksy czarne do okuć. Te rodzaje werniksów nie muszą być błyszczące i wobec tego nie zawierają w sobie wcale gumy. W niskiej temperaturze schną one bardzo szybko. Pokrycie przedmiotu jedną warstwą takiego werniksu jest całkowicie wystarczające.

Skład ich jest mniej więcej następujący:

Asfalt, albo smoła ziemna	40
Olej lniany	15
Składnik rozrzedzający (terpentyna)	45

Skład ten może ulegać zmianie zależnie od sposobu werniksowania lub też warunków schnięcia.

Werniksy czarne metaliczne otrzymuje się, biorąc zamiast gumy kalafonję, zmniejszając ilość oleju lnianego, oraz zastępując terpentynę cięższemi olejami. Zaletą tych werniksów jest ich wielka taniość.

Do werniksowania przedmiotów, pracujących w niszczącej atmosferze bez przerwy, można stosować werniks o składzie następującym: jedna część asfaltu, tyleż kalafonji i pół części oleju lnianego. Po zmieszaniu i roztopieniu tej mieszaniny dodaje się do niej jeszcze pół części roztopionego bursztynu, oraz odpowiednią ilość terpentyny.

Werniksy z pieców otrzymuje się przez suszenie w temperaturze, albo od 60° do 100° C albo też od 150° do 200° C. Werniksów tego rodzaju istnieje bardzo wiele, posiadają one dość znaczną wytrzymałość na wstrząśnienia. Ogrzewanie trwa kilka godzin, zaś temperatura zależy od składu chemicznego werniksu. Używa się przeważnie do pokrywania części rowerowych.

Werniksy używane do pokrywania wewnętrznych powierzchni wiader do wody, pudełek do konserw i t. p. mają skład następujący:

Pyrocopal	23,5
Żywica	5,5
Olej lniany	23,5
Terpentyna	47,5

Kolor tych werniksów zależy od wielkości temperatury ogrzewania.

Ogrzewanie elektryczne przy werniksowaniu. Coraz więcej rozpowszechnia się ogrzewanie przy werniksowaniu w piecach elektrycznych, zbudowanych w ten sposób, że posiadają one kilka grup płaskich wstęg chromo-niklowych okręconych dokoła dwóch porcelanowych izolatorów. Wstęgi chromo niklowe zaczynają się utleniać dopiero w temperaturze począwszy od 800° C wzwyż, natomiast w piecu temperatura nie przekracza 600° C. Aby zapewnić równomierne nagrzewanie się pieca umieszcza się źródła ciepła w kilku miejscach.

Badania mikrograficzne wykazały, że lepsze wyniki otrzymuje się, gdy ciepło przenosi się na przedmiot zapomocą promieniowania, niż w wypadku przewodzenia. Temperaturę w takim piecu reguluje się bądź ręcznie, bądź też automatycznie. Aby nie tracić dużo ciepła, oraz aby osiągnąć jaknajszybsze ogrzewanie, należy dobrze izolować piec i uszczelnić drzwiczki.

Uszczelnianie drzwiczek ma na celu poza zabezpieczeniem pieca od dostawania się do jego wnętrza zimnego powietrza jeszcze i to, że chroni go od wybuchu, który może powstać skutkiem wydobywającej się pary terpentyny. Ponieważ wydzielające się pary w czasie ogrzewania są dość ciężkie, wskazane jest umieszczanie w dolnej części pieca wentylatora wyciągowego.

Przy stosowaniu powyższej metody werniksowanie danego przedmiotu trwa zaledwie niecałą godzinę, podczas, gdy w innym wypadku czynność ta zajmuje od 5 do 6 godzin.

Werniksy na alkoholu, terpentynie i t. p. Werniksy na terpentynie lub tym podobne mają mniejsze zastosowanie, niż werniksy tłuste. Otrzymuje się je przez rozpuszczenie gumy w jakimś rozpuszczalniku, najczęściej w terpentynie. Wyrób ich jest bardzo prosty i szybki, schną one również szybko, lecz są nietrwałe, gdyż łatwo pękają i odpryskują. Używane są one do werniksowania przyrządów fizycznych, gdyż odznaczają się lekkością.

Dla przykładu podajemy niżej skład jednego z tego rodzaju werniksów:

Pyrocapal 11, wyciąg z lawendy 22, terpentyna 67.

Najpospolitsze werniksy tego rodzaju jako główny składnik zawierają gumę lub żywicę, rozpuszczoną w terpentynie w ilości około dwóch części terpentyny na jedną część żywicy.

Werniksy na alkoholu otrzymuje się przez rozpuszczenie gumy w alkoholu. Do pokrywania metali tego rodzaju werniksów nie używa się prawie wcale, gdyż pozostawiają one na powierzchni osad z gumy. Z pośród tych werniksów do pokrywania metali używa się tych, które otrzymuje się z gumy australijskiej. Barwić można je taksamo zapomocą barwników sztucznych, jak i naturalnych. Skład werniksu z gumy australijskiej jest następujący:

Guma australijska	4 kg.
Alkohol	10 ltr.
Barwnik	100 ÷ 200 gr.

Innego rodzaju werniksów. Poza wyżej wymienionemi istnieje jeszcze cały szereg werniksów na alkoholu w połączeniu z innemi rozpuszczalnemi.

Werniks biały otrzymuje się przez rozpuszczenie białej żywicy w ilości 3,25 kg w 10 ltr. alkoholu i po przefiltrowaniu dodaje się do tego 0,5 ltr. olejku lawendowego i 0,5 ltr. tinctura mastiei. Kit używany do tego celu ma skład następujący:

Eter	1 ltr.
Alkohol	4 „
Mastic officinol	1 kg.

Werniksy kauczukowe są bardzo elastyczne lecz długo schną. Nie używa się ich samych, lecz w połączeniu z innemi, w celu zwiększenia elastyczności.

Lakiery. Lakier „Extrême-Orient" używany był dawniej tylko do wyrobów artystycznych. Podczas wojny, gdy było duże zapotrzebowanie na tego rodzaju środki, lakier ten wszedł w szersze użycie. Ojczyzną lakierów są Chiny i Japonja. Najbardziej znany jest lakier wyrabiany w Tonkinie.

Lakier wyrabia się z żywicy odpowiednich drzew. Żywicę taką po przefiltrowaniu segreguje się na cztery gatunki i przechowuje w polerowanych naczyniach.

Lakier w atmosferze wilgotnej twardnieje najszybciej w temperaturze do 30° C. W temperaturze około 100° stwardnienie nie następuje wcale, i lakier ten może stwardnieć dopiero w temperaturze od 100° do 300° C.

Co do stopnia trwałości takiego lakieru można sądzić np. po broni japońskiej z przed tysiąca prawie lat, która do dzisiejszego dnia przechowuje się nieczuła na wszelkie wpływy atmosferyczne.

Lakier ten jest odporny nietylko na działanie wilgoci, lecz również na działanie kwasów i ich par, jak również smoły ziemnej, co jest ważne dla przemysłu samochodowego, szczególniej gdy szosy są smołowane. Pozatem odporny jest na tłuszcze, benzynę, terpentynę i t. p. Wyjątek stanowi tutaj stężony kwas azotowy, przed którego działaniem lakier taki nie chroni.

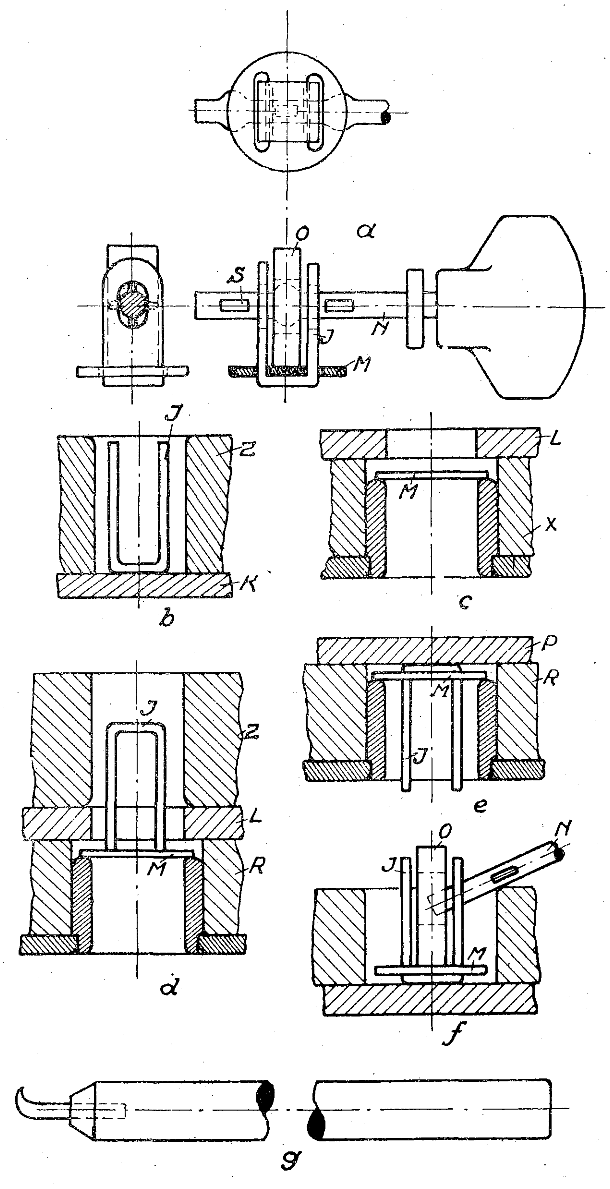
W ostatnich czasach lakierem tym pokrywa się śmigła samolotowe w celu zabezpieczenia ich przed działaniem wilgoci atmosferycznej.

MONTAŻ.

Montaż zapomocą drgań.

Jedna z wytwórni stosuje przy montażu małych przedmiotów, mających zastosowanie w urządzeniach elektrycznych bardzo ciekawą metodę.

W niniejszym artykule rozpatrzymy montaż zwykłego wyłącznika, który służy do zapalania lub gaszenia światła. Budowa jego przedstawiona jest na rys. 1-*a*. Części składowe tego przedmiotu rozsypane są na płytach, umieszczonych na odpowiednim stole rys. 2, któremu nadaje się ruch drgający. Płyty owe posiadają otwory w które, wskutek drgań,

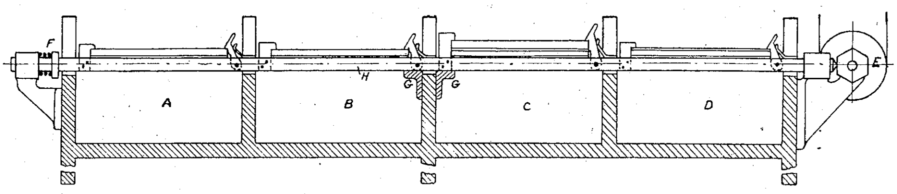


Rys. 1. Wyłącznik. Powiększone przekroje jego części; haczyk do wyjmowania części o kształcie *U*.

wpadają poszczególne części składowe montowanego przedmiotu. Oczywiście na każdej płycie są inne części. W taki sposób montuje się jednocześnie kilkadziesiąt wyłączników.

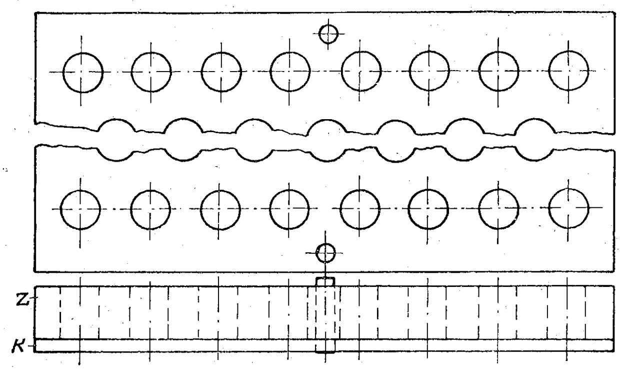
Pod stołem znajdują się skrzynie rys. 2—*A*, *B*, *C* i *D*, w których gromadzi się części do montowania. W danym wypadku używa się tylko trzech skrzyń, mianowicie skrzyni *A*, *B* i *D*. Drąg *H*, idą-

cy wzdłuż stołu montażowego spoczywa krańcami swemi w łożyskach, w których może się przesuwać. Aby drąg ten zbytnio nie wyginał się, opiera się



Rys. 2. Schemat drgającej maszyny do montowania wyłączników.

on po środku na dwuch podporach *G*. Kułak *E*, w kształcie sześcioboku, umocowany do ramy stołu i obracany zapomocą przekładni pasowej, nadaje drągowi, dzięki swemu kształtowi, ruch drgający. Drąg zostaje dociskany do kułaka zapomocą sprężyny *F*. Do drąga *H* przymocowane są poszczególne płyty, każda oddzielnie, przyczem przymocowanie to jest tak urządzone, żeby można było każdą płytę zdjąć ze stołu nawet podczas ruchu. Płyta umieszczona nad skrzynią *A* przedstawiona jest na rys. 3. Składa się ona właściwie z dwuch płyt, jednej z otworami i wykonanej z twardej gumy *Z* i drugiej stalowej *K*, stanowiącej jakgdyby dno otworów. Powiększony przekrój przez jeden z otworów tej płyty przedstawiony jest na rys. 1-*b*. Na płycie tej umieszcza się części składowe wyłączników w kształcie litery *U* rys. 1-*I*, które pod wpływem drgań wpadają do otworów i zatrzymują się w nich w sposób podany na rys. 1-*b* t. j. zamkniętą stroną od spodu. Dzieje się to dlatego, że ta strona części *I* jest cięższa. Po zapełnieniu wszystkich otworów zdejmuje się płytę ze stołu a nakłada na jej miejsce inną i operacja powtarza się. Ponad skrzynią *B* zbiera się w podobny sposób w płycie *X* drugą część składową wyłącznika rys. 1 litera *M* jak to przedstawione jest na rys. 1-*c*. Po zapełnieniu płyty *X* krążkami (druga część składowa wyłącznika), posiadającemi po dwa podłużne otwory, nakrywa się tę płytę płytą *L*, która również jak i płyta *X* posiada okrągłe otwory, lecz mniejszej średnicy niż średnica krążków. Po dokonaniu tego zdejmuje się płytę *X* ze stołu maszyny i po przekręceniu jej o 180° nakłada się na płytę zdjętą ze skrzyni *B*. Następnie wszystko razem przekręca się znowu o 180° zdejmuje płytę *K* i ustawia na maszynie ponad skrzynią *D*—rys. 2. Obie płyty nałożone na siebie przedstawione są na rys. 1-*d*. Wskutek drgań części *I* wpadają w odpowiednie otwory części *M*. Gdy w ten sposób we wszystkich gniazdach część *I* połączy się z częścią *M* zdejmuje się obie płyty z maszyny i zamiast płyt *Z* i *L* nakładamy płytę *P* bez otworów rys. 1-*e*. Po obróceniu wszystkiego o 180° układamy to nad skrzynią *D* i znowu zapomocą drgań część *O* wpada do części *J* i po wyjęciu płytki wraz z tulejami *R* zakłada się klucz *N*, jednocześnie wyjmując całość z otworu rys. 1-*f*. Przenosi się następnie tak zmontowany wyłącznik na prasę, gdzie w odpowiedniej matrycy wytłacza się żeberko *S* rys. 1-*a*.



Rys. 3. Zbierające płyty.

Jeśli pierwsza część, w kształcie litery *U* wpadnie do otworu odwrotnym końcem niż to jest na rys. 1-*b*, wyjmuje ją się zapomocą haczyka, który przedstawiony jest na rys. 1-*g*. Otwory w płytach wierci się przy pomocy szablonu, aby zapewnić ich prostopadłość oraz rozstawienie. Oczywiście sposób ten można zastosować i do montowania innych przedmiotów, dobierając odpowiednią ilość płyt i ich wymiary. Zastosowanie tej metody zwiększa wydajność w porównaniu z ręcznym montażem o 200%.

SPIS TREŚCI.

Prenumeratę kwartalną 8 zł. i roczną 30 zł. przyjmuje Administracja i P. K. O. na konto № 14.455. Cena zeszytu 2 zł. 90 gr.

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, ulica Czackiego № 3 (Gmach Stowarzyszenia Techników).
Telefon № 1-47. Redakcja otwarta w środy od godz. 7 do 8 wieczorem.
Wydawca: *Sekcja Warsztatowa Stow. Inż. Mech. Polskich.* Redaktor odp. *inż. Edmund Oska.*

Zakład Drukarski Jan Ulasiewicz i Syn, Warszawa, Marszałkowska 49, tel. 35-48.